



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“REDISEÑO Y ANALISIS TRIBOLÓGICO DE LAS
MÁQUINAS TEXTILES TELAR PLANO Y
URDIDORA DE LA EMPRESA TEXTILES
TÉCNICOS”**

BALSECA OJEDA MAURO EDMUNDO

TESIS DE GRADO

**Previa a la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO**

RIOBAMBA – ECUADOR

2011

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Septiembre 16 del 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

Balseca Ojeda Mauro Edmundo

Titulada:

**“REDISEÑO Y ANÁLISIS TRIBOLÓGICO DE LAS MÁQUINAS TEXTILES TELAR PLANO
Y URDIDORA DE LA EMPRESA TEXTILES TÉCNICOS”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Geovanny Novillo A.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Washington Ruales
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ángel Orozco
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: Mauro Edmundo Balseca Ojeda

TÍTULO DE LA TESIS: “REDISEÑO Y ANÁLISIS TRIBOLÓGICO DE LAS MÁQUINAS TEXTILES TELAR PLANO Y URDIDORA DE LA EMPRESA TEXTILES TÉCNICOS”

Fecha de Examinación: Septiembre 16 del 2011

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny Novillo A. (Presidente Trib. Defensa)			
Ing. Washington Ruales (Director de Tesis)			
Ing. Angel Orozco (Asesor)			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Ing. Geovanny Novillo A.

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

f) Mauro Edmundo Balseca Ojeda

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser persona útil a la sociedad.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

Mauro Edmundo Balseca Ojeda

DEDICATORIA

Al supremo creador por la vida, al esfuerzo y dedicación incansable de mis progenitores, a mi esposa por el apoyo incondicional y a toda mi familia por ser el eje fundamental de mi vida, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener un título profesional y ser un ente útil y productivo a la sociedad.

Mauro Edmundo Balseca Ojeda

RESUMEN

Con la finalidad de solucionar y satisfacer la necesidad de la Empresa Textiles Técnicos se rediseño el mecanismo de frenado de la urdidora mediante el acoplamiento de un sistema de freno accionado con un tornillo de potencia mejorando el tensado del hilo y aumentando su productividad.

Se realizó un análisis de los pares tribo- técnicos de la bancada del telar plano en la cual existía una lubricación límite, obteniéndose un coeficiente de fricción seco de 0.38.

Solucionando el problema se determinó un régimen de lubricación hidrodinámico con un espesor mínimo de $h_{min}=0.55$ y un coeficiente de fricción de 0.01, reduciéndose así el desgaste de los pares tribológicos.

Se realizó un plan de mantenimiento preventivo para la urdidora y el telar plano para evitar paradas innecesarias y aumentar la productividad de la empresa.

ABSTRACT

In order to solve and satisfy the needs of the "Empresa de Textiles Técnicos", it has been redesigned the gadget of braking for the weaver machine through the coupler of brake system who works with a screw potency improving the string tensile, and increasing.

An analysis of the tribo-technical pairs of the bench of the straight cloth in which we found limited lubrication, getting a wet friction coefficient of 0.38.

Solving the problem we determined a hydrodynamic regimen of lubrication with a minimum density of $h_{min}=0.55$ and a friction coefficient of 0.01 reducing this the detrition of the tribologic pairs.

Finally, a preventive maintenance plan was performed for the weaver and the straight cloth in order to avoid unnecessary stops and for increasing the company productivity.

LISTA DE ANEXOS

ANEXO

A1 Formato de datos técnicos.

A2 Formato de instructivo de funcionamiento urdidora.

A3 Formato de instructivo de funcionamiento del telar plano.

A4 Formato de historial de averías.

A5 Plan de mantenimiento de la Urdidora.

A6 Plan de mantenimiento del Telar plano.

A7 Formato de orden de trabajo.

A8 Formato de reporte diario de mantenimiento

A9 Tabla de coeficiente de fricción.

A10 Tabla de propiedades de los materiales usados para el diseño de elementos.

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 Proceso de tensado.....	4
2.2 Tipo de tejido.....	6
2.3 Urdidor de tambor.....	9
2.4 Urdidor de marco.....	9
2.5 Urdidor moderno.....	10
2.6 Esquema de partes de un telar plano.....	12
2.7 Clasificación de los telares según el movimiento de la urdimbre.....	15
2.8 Clasificación de los telares según sistema de inserción de la trama.....	15
2.9 Clasificación de los telares según número de caladas.....	15
2.10 Clasificación de frenos por el método de acoplamiento.....	17
2.11 Esquema de sistemas tribológicos.....	19
2.12 Perfilograma superficial.....	23
2.13 Contacto de las superficies.....	23
2.14 Superficies cilíndricas interiores.....	24

2.15 Contacto rugoso-rugoso.....	26
2.16 Interacción de dos superficies.....	29
2.17 Rugosidad de una superficie.....	32
2.18 Regímenes de lubricación.....	36
2.19 Cojinete deslizante.....	38
2.20 Formación de la película de aceite.....	39
2.21 Categorías del mantenimiento preventivo.....	44
3.1 Freno existente.....	48
3.2 Alternativas de diseño de los frenos	49
3.3 Selección de la mejor alternativa.....	58
3.4 Diagrama cinemático.....	60
3.5 Fuerzas en un freno de cinta.....	61
3.6 Esquema de prueba de rotura del hilo.....	62
3.7 Rotura del hilo.....	62
3.8 Fuerzas en el hilo.....	62
3.9 Carga distribuida en la urdidora.....	65
3.10 Esquema de fuerza en la urdiora.....	65

3.11 Esquema de rosca cuadrada.....	69
3.12 Lugar de instalación.....	78
3.13 Instalación de la bancada.....	79
3.14 Instalación de la corredera y placa guía.....	79
3.15 Instalación del tornillo de potencia.....	80
3.16 Funcionamiento del equipo.....	80
3.17 Telar plano.....	81
3.18 Esquema cinemático del par tribológico.....	83
3.19 Superficies cilíndricas interiores.....	85
3.20 Esquema de superficies en contacto.....	93
3.21 Fuerzas en el eje del telar plano.....	96
4.1 Proceso de control de mantenimiento.....	105
5.1 Bobinado con freno original y freno instalado.....	112
5.2 Comportamiento del bobinado del hilo.....	112
5.3 Probetas de bronce y acero.....	113
5.4 Pesos de probetas.....	113

5.5 Ensayo de fricción.....	114
5.6 Curva desgaste- tiempo sin lubricación.....	115
5.7 Curva desgaste- tiempo con lubricación.....	116

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 Parámetros geométricos.....	28
2.2 Coeficiente β	31
2.3 Aplicación de los estados superficiales.....	33
2.4 Clases de acabado superficial.....	34
2.5 Grados de acabado- rugosidad superficial.....	34
2.6 Características del material.....	36
2.7 Parámetros de los regímenes de lubricación.....	39
3.1 Datos de materiales para recubrimientos de fricción en frenos.....	47
3.2 Lista de características (C) y exigencias (E).....	51
3.3 Estructura de funciones.....	52
3.7 Matriz morfológica.....	56
3.8 Evaluación económica.....	57
3.9 Evaluación técnica.....	58
3.10 Características del sistema de frenado a construirse.....	59
3.11 Datos para el diseño del freno.....	63

3.12 Cálculos del sistema de freno.....	64
3.13 Coeficientes de rozamiento en tornillos de potencia.....	66
3.14 Datos para el cálculo del tornillo de potencia.....	67
3.15 Características de las roscas.....	68
3.16 Parámetros de diseño del tornillo de potencia.....	69
3.17 Resultados del cálculo del diseño del tornillo de potencia.....	71
3.18 Partes constitutivas.....	72
3.19 Operaciones tecnológicas ejecutadas en la construcción del mecanismo de freno.....	74
3.20 Máquinas herramientas y equipo utilizado.....	76
3.21 Especificaciones del telar plano.....	82
3.22 Disponibilidad de equipos para estudio tribológico.....	82
3.23 Datos para cálculos convencionales.....	85
3.24 Datos de acabado superficial para cálculos convencionales.....	85
3.25 Factores de desgaste.....	87
3.26 Factores de cálculo del punto de contacto.....	89
3.27 Variación de la densidad con la temperatura.....	91
3.28 Datos para obtener el espesor hidrodinámico... ..	92

3.29 Datos para obtener la fuerza de fricción hidrodinámica.....	92
4.1 Datos de mantenimiento.....	104
5.1 Datos de ensayo de tensado del hilo.....	111
5.2 Datos de ensayo de fricción y desgaste.....	114
5.3 Registro de mediciones de diámetros y pesos.....	115
5.4 Costos por materiales del freno.....	117
5.5 Costos por materiales del análisis tribológico.....	117
5.6 Costos por mano de obra del freno.....	118
5.7 Costos por mano de obra del análisis tribológico.....	118
5.8 Costos totales directos.....	118
5.9 Costos por ingeniería y utilidad.....	119
5.10 Costo total indirecto.....	119
5.11 Costos totales.....	119

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINAS</u>
1. GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 General.....	2
1.3.2 Específicos	3
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Generalidades.....	4
2.1.1 El proceso de tejer	4
2.1.2 Tipos de fibras.....	4
2.1.3 Tipos de hilos	5
2.1.4 Tipos de tejido	6
2.2 Sistemas de urdido.....	7
2.2.1 Definición.....	7
2.2.2 Preparación de la urdimbre	7
2.2.3 Tipos de urdidoras	8
2.2.3.1 Urdidor de tambor	8
2.2.3.2 Urdidor de marco.....	9
2.2.3.3 Urdidores modernos	10
2.3 Telares planos	10
2.3.1 Generalidades.....	11
2.3.2 Partes principales.....	11
2.3.3 Tipos de telares.....	12
2.3.3.1 Telares manuales	12
2.3.3.2 Telares mecanizados.....	13
2.3.3.3 Telares modernos	14
2.4 Frenos	16
2.4.1 Introducción	16
2.4.2 Sistema de frenado	16
2.4.3 Tipos de freno.....	17
2.5 Pares tribológicos	18
2.5.1 Introducción	18
2.5.2 Sistema tribológico	20
2.5.3 Sistema tribológico a analizar	20
2.5.4 Fundamentos de la mecánica del contacto.....	22
2.5.4.1. Mecánica del contacto	22
2.5.4.2. Macro y micro geometría superficial.....	22
2.5.4.3 Rugosidad superficial	23
2.5.4.4 Contacto macro geométrico.	24
2.5.4.5 Área de contacto en superficies curvas.....	24
2.5.4.6 Contacto micro geométrico.....	26
2.5.4.6.1 Contacto microgeométrico según la rugosidad superficial.....	27

2.5.4.6.2	Contacto microgeométrico según el estado tensional.....	27
2.5.4.7	Grados de acabado con distintos métodos de fabricación.....	33
2.5.4.8	Métodos de elaboración	35
2.5.4.9	Selección de materiales para cojinetes de deslizamiento.....	36
2.5.5.0	Regímenes de lubricación en cojinetes de deslizamiento.....	37
2.5.5.1	Tipos de lubricación	38
2.5.5.2	Lubricación hidrodinámica	38
2.5.5.3	Lubricación hidrodinámica entre superficies contacto interior.....	40
2.6	Mantenimiento	42
2.6.1	Descripción de las máquinas.....	43
2.6.2	Mantenimiento preventivo.....	43

3 REDISEÑO Y ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS

3.1	Rediseño de la urdidora	46
3.1.1	Introducción	46
3.1.2	Descripción del problema	47
3.1.2.1	Justificación	47
3.1.2.2	Tecnología existente.....	48
3.1.2.3	Aplicaciones del diseño	48
3.1.2.4	Metodología.....	49
3.1.3	Selección de alternativas de diseño.	49
3.1.3.1	Análisis de los mecanismos de freno mecánico, neumático y magnético.	49
3.1.5	Evaluación técnico-económica.....	57
3.1.6	Características del sistema a ser diseñado y construido.	59
3.1.6.1	Descripción de funcionamiento del sistema.....	60
3.2	Diseño de elementos mecánicos.....	61
3.2.1	Diseño del mecanismo de frenado.....	61
3.2.2	Diseño del sistema de tornillo de potencia	65
3.1.3	Tecnología de construcción del mecanismo de freno.....	72
3.1.3.1	Partes constitutivas.....	72
3.1.3.2	Operaciones tecnológicas de construcción.	73
3.1.3.3	Herramientas.....	76
3.1.3.4	Cursograma sinóptico de la construcción.....	77
3.1.4	Instalación y montaje.....	78
3.1.4.1	Procedimiento.....	79
3.2	Análisis tribológico del telar plano	81
3.2.1	Introducción	81
3.2.2	Especificaciones del equipo	82
3.2.2.1	Disponibilidad de equipo para ensayos	82
3.2.3	Descripción del problema	83
3.2.3.1	Justificación.....	83
3.2.3.2	Metodología para el estudio del par tribológico.....	84
3.2.4	Cálculo energético por pérdidas de fricción en el sistema tribotécnico: Telar plano (Empresa “Textiles Técnicos”).....	84
3.2.5	Resultados del análisis	93
3.2.6	Análisis de fuerzas en la bancada y selección de cojinetes.	97
3.2.6.1	Cálculo de fuerzas en la bancada	98
3.2.7	Selección de rodamientos	101

4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS MÁQUINAS: TELAR

PLANO Y URDIDORA

4.1	Plan de mantenimiento preventivo de las máquinas.....	103
4.1.1	Consideraciones hechas para el desarrollo del plan de mantenimiento.	103
4.2	Análisis de datos de mantenimiento.	104
4.2.1	Operaciones y control del mantenimiento	105
4.3	Descripción y uso de formatos.....	107
4.3.1	Datos técnicos	107
4.3.2	Instructivo de funcionamiento de la maquina o equipo.	108
4.3.3	Historial de averías	108
4.3.4	Plan de mantenimiento	109
4.3.5	Ordenes de trabajo y reportes.....	109
4.3.5.1	Ordenes de trabajo.....	109
4.3.5.2	Reportes.....	110

5 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y COSTOS

5.1	Pruebas en la urdidora	111
5.2	Ensayo de fricción y desgaste de los pares tribológicos del telar plano	113
5.2.1	Procedimiento.....	113
5.2.3	Resultados del ensayo.....	114
5.3	Costos	116
5.3.1	Costos Directos	116
5.3.1.1	Costos por materiales	117
5.3.1.2	Costos por mano de obra	117
5.3.2	Costos indirectos	118
5.3.2.1	Costos por ingeniería y utilidad	118
5.3.3	Costos totales	119

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	120
6.2	Recomendaciones.....	123

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
---------------------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	125
--------------------	-----

LINKOGRAFÍA	126
-------------------	-----

ANEXOS.....	127
-------------	-----

PLANOS.....	138
-------------	-----

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Textiles Técnicos tiene como actividad económica principal, la elaboración, venta y distribución de telas, lonas, forros especialmente focalizados y diseñados para los pequeños fabricantes de la industria del calzado.

La empresa nace por visión de los socios de establecer un negocio con rentabilidad que pueda satisfacer las necesidades de los clientes, y por ende satisfacer una necesidad económica así como abrir una oportunidad de negocio que satisfaga la demanda de la zona donde está ubicada la empresa.

La empresa se dedica a la transformación de materias primas (hilo) en productos de alta calidad y durabilidad, tiene una infraestructura apropiada para esta labor, entre las máquinas existentes se cuentan: telares planos, urdidoras, etc.

Esta empresa goza de una estabilidad; actualmente ha ampliado y adecuado sus instalaciones mejorando su operatividad y funcionalidad, para garantizar de esta manera un producto de calidad.

1.2 Justificación.

La producción de telas en la industria requiere de una organización a todo nivel en la que el mejoramiento continuo de procesos y equipos así como el mantenimiento de éstos.

Textiles Técnicos cuenta con equipos que debido al año de fabricación y tiempo de uso han disminuido su eficiencia notablemente con relación a máquinas más sofisticadas existentes en la actualidad; razón por la que se propone mejorar el funcionamiento mecánico de un telar plano y urdidora para elevar su funcionalidad.

Adicionalmente se desarrollará un plan de mantenimiento preventivo para dichas máquinas con el fin de evitar paradas innecesarias, aumentar la vida útil de las mismas y reducir los gastos por éste concepto.

El presente proyecto pretende satisfacer una necesidad industrial a la vez permitirá aplicar los conocimientos adquiridos durante la vida estudiantil.

1.3 Objetivos.

1.3.1 General.

Rediseño del mecanismo de tensión de la urdidora y análisis de los pares tribológicos en los puntos de apoyo de la bancada del telar plano.

1.3.2 Específicos.

- Conocer el principio de funcionamiento de las máquinas y el mantenimiento que se debe dar a los mismos.
- Rediseñar el mecanismo de tensión de la urdidora para mejorar el bobinado del hilo durante el proceso de producción.
- Analizar los pares tribológicos del telar plano para mejorar su funcionamiento.
- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos seleccionados.
- Realizar pruebas de funcionamiento en las máquinas y evaluar técnica y económicamente.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades

2.1.1 El proceso de tejer [1]

El tejer no es sino una evolución del trenzado, éste procedimiento se compone de fibras tensas y paralelas entre sí, entre las que se entrelaza otra fibra de longitud variable de forma que de una o más pasadas.

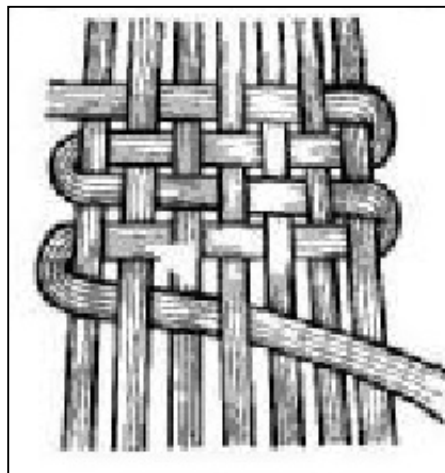


Figura 2.1 Proceso de trenzado.

2.1.2 Tipos de fibras

Una fibra es un filamento cuya característica principal es la desproporcionada longitud con relación a su diámetro. En función de su origen, las fibras pueden clasificarse en:

a) Fibras naturales.- Son las procedentes del reino animal y vegetal como:

- Animal (lana, seda, pelo)
- Vegetal (algodón, lino, cáñamo, yute, sisal, ramio).

b) Fibras artificiales de origen natural

Fibras obtenidas por transformación química de sustancias poliméricas naturales, como la celulosa y la proteína.

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>➤ Regenerados de origen natural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Celulosa (rayón, acetato). • Proteína. • Alginato (algas). • Caucho. | <p>➤ Minerales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vidrio. • Metálico (cobre, plata, oro). |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

c) Fibras de origen químico o sintético

Tienen un proceso más laborioso, una vez conseguido el polímero hay que proceder a la obtención de las fibras, a través de la hilatura.

- Poliamida (nylon).
- Poliéster (terylene, dacrón).
- Polietileno (trofil).
- Polipropileno (leonelle, maraklon).
- Poliuretano (elastano, lycra).
- Acrílica (orion, dralon).

2.1.3 Tipos de hilos

Los principales tipos de hilos son:

A) Hilos hilados.- Se producen con fibras de algodón y con fibras sintéticas.

B) Hilos recubiertos.- Se producen de filamentos de poliéster recubiertos con fibras de algodón.

C) Hilos de filamento continuo.- Se producen de 100% filamento sintético, cuando se necesitan hilos flexibles los hilados de filamento continuo solamente se tuercen, fijan, tiñen y lubrican.

D) Hilos de multifilamento.- Se producen con multifilamento de poliéster, adecuadamente torcido y luego tratado con un ligero acabado justo para consolidar los filamentos individuales sin dar rigidez al producto final.

E) Filamentos sintéticos.- Se conocen fundamentalmente dos: Poliéster y poliamida.

2.1.4 Tipos de tejido

Se da el nombre de tejido al resultado del enlace ordenado de uno o varios hilos, formando una lámina resistente, elástica y flexible. El conjunto de operaciones que tienen lugar para la fabricación de un tejido recibe el nombre de tejeduría o tisaje.

Los tejidos se clasifican en:

A) Tejido plano: está formado por una serie de hilos entrelazados entre sí. Todos los tejidos están formados por:

- Urdimbre: son los hilos colocados a lo largo del tejido en forma vertical
- Trama: son los hilos colocados a lo largo del tejido en forma horizontal

B) Tejido de punto: están formados por un solo hilo que va entretejido sobre sí mismo formando mallas entrelazadas unas con otras, constituyendo los llamados géneros de punto.



Figura 2.2 Tipos de tejido.

2.2 Sistemas de urdido

2.2.1 Definición

El Urdido se define como la operación por la cual se colocan los hilos de urdimbre enrollados sobre un plegador, partiendo de un cierto número de bobinas colocadas en una fileta. Este conjunto de hilos ordenados son plegados en forma paralela en número y con una longitud preestablecida en un carrete llamado plegador de urdido.

La urdidora es una máquina que agrupa los hilos disponiéndolos en paralelo con un ancho determinado para formar la urdimbre del tejido. El componente principal es la fileta, componente metálica que sustenta las bobinas de hilo, y el cabezal de enrollado de hilos.

2.2.2 Preparación de la urdimbre

La urdimbre se compone de centenares y aún millares de hilos, colocados paralelamente, distribuidos con regularidad y enrollados con tensión uniforme sobre el plegador de la urdimbre. Las operaciones para construir la urdimbre son:

A) Bobinado: Tiene por objeto pasar el hilo de las madejas a bobinas, para que su desarrollo en el urdido sea más fácil.

B) Urdido: Tiene por finalidad ordenar los hilos que han de formar la urdimbre, unos junto a otros paralelamente, siguiendo el orden de la muestra y con una longitud conveniente.

C) Engomado o encolado: Durante la tejedura los hilos de la urdimbre están sometidos a grandes esfuerzos, debidos a la tensión que tienen que sufrir a la flexión en diversos sentidos y a los rozamientos entre sí y con lizos y peine, por esta razones, en la mayoría de los casos, tienen que reforzarse y alisarse, pegando al cuerpo del hilo las fibrillas que

sobresalen del mismo, evitando así que en urdimbres muy densas, las fibrillas de dos hilos consecutivos puedan entrelazarse provocando su rotura.

Las materias usadas para el encolado deben ser de tal condición que comuniquen a los hilos mayor solidez y resistencia contra el rozamiento, sin que disminuya su elasticidad y flexibilidad, además la cola deber ser fácilmente eliminable por el lavado, pues conviene separarla del tejido para las operaciones posteriores de acabado.

D) Remetido o repaso: Consiste en pasar los hilos de la urdimbre, uno a uno, por los ojales de las mallas de los lisos.

E) Anudado: En el caso de tener que fabricar otro tejido igual al que acaba de obtenerse en el telar, con el mismo repaso por tanto, los hilos de la nueva urdimbre se anudan mediante una simple retorsión con los cabos de la urdimbre anterior que se habrán dejado junto a un pequeño trozo de tejido.

2.2.3 Tipos de urdidoras [2]

Existen diversos tipos de urdidores que se dividen principalmente en dos clases:

Urdidores manuales (urdidor de tambor y de marco) y urdidores modernos.

2.2.3.1 Urdidor de tambor

El urdidor de tambor consta de dos bastidores cruzando sus respectivos planos en un centro que forma el eje vertical, en la parte inferior del urdidor se coloca un travesaño (percha de la cruz), provisto de tres clavijas entre las que pasarán los hilos formando en su ida y vuelta un entrecruzamiento de los hilos. Cada listón vertical lleva varios agujeros para colocar una clavija de hierro o madera, llamado palo fijador. El recorrido de los hilos que formarán la urdimbre será entre la percha de la cruz y el palo fijador.

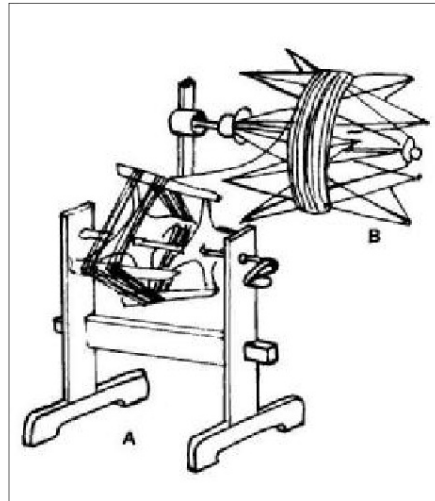


Figura 2.3 Urdidor de tambor.

2.2.3.2 Urdidor de marco

El urdidor de marco puede ser construido bien como indica su nombre en forma de marco o bien se compone de dos montantes que se colocan verticalmente. Tanto el uno como el otro soportan un cierto número de clavijas de madera, regularmente espaciadas y situadas en líneas verticales. Mientras que el urdidor construido en forma de marco tiene que ser colocado y fijado en la pared, los montantes del otro modelo pueden acoplarse al telar o adosarse a la pared.

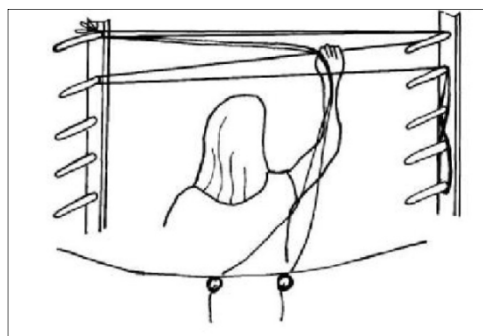


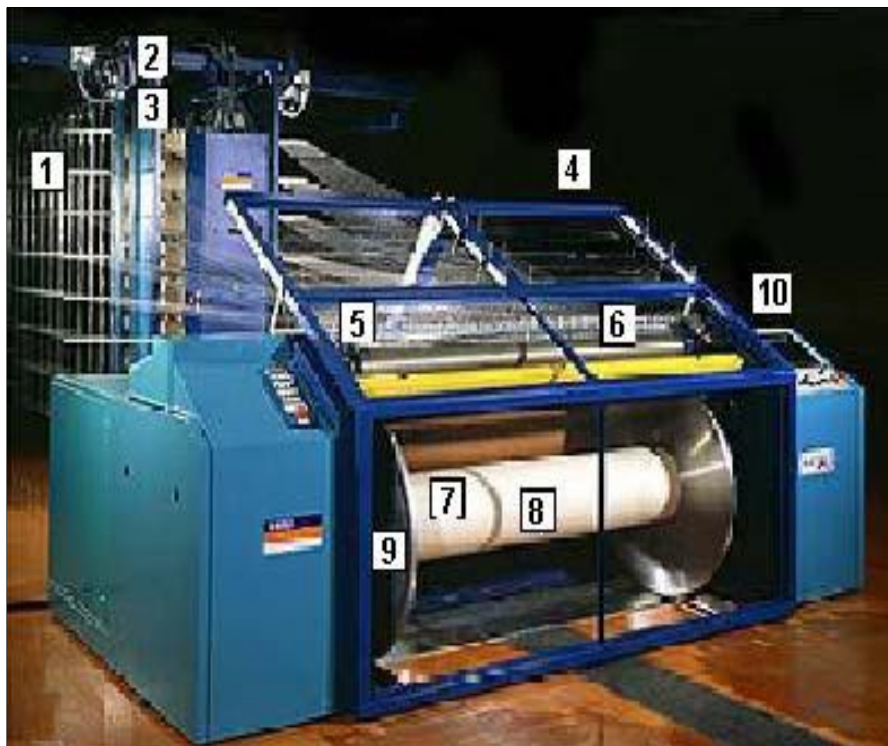
Figura 2.4 Urdidor de marco.

El proceso de urdir es similar en el urdidor de tambor y en el de marco. La diferencia principal reside en que el urdidor de tambor es giratorio y la urdimbre se va formando dando vueltas al urdidor, mientras que en el urdidor de marco es preciso llevar los hilos

entre las clavijas de un lado a otro. El urdidor de tambor resulta así más cómodo y rápido lo cual compensa sobradamente el hecho de que ocupe más espacio que el urdidor de marco. El urdidor de tambor suele además ser plegable de modo que puede guardarse fácilmente cuando no se utiliza.

2.2.3.3 Urdidores modernos

En la actualidad existe una gran gama de urdidores que son controlados por ordenadores y forman parte de procesos en serie, existen distintas maquinas provistas de accesorios muy diversos, apropiados para cada urdimbre, hay dos sistemas de urdir que son: directo (Urdimbres de un solo color y/o tamaño) y seccional (Urdimbres de diferente color y/o tamaño).



1. Fileta
2. Ventilador
3. Conos
4. Zona de tensión
5. Peine ondulante
6. Guía hilos
7. Hilos de urdimbre
8. Cilindro del plegador
9. Platos del plegador
- 10

Figura 2.5 Urdidor moderno.

2.3 Telares planos [3]

2.3.1 Generalidades

El telar es una máquina que fabrica tela, para tejer se utiliza el telar y dos conjuntos de hilos, denominados respectivamente urdimbre (o pie) y trama. Los hilos de la urdimbre van a lo largo del telar, mientras que los de la trama van en dirección transversal. La urdimbre está enrollada en enormes bobinas llamadas enjullos, situadas a los pies del telar, y se enhebra en el telar formando una serie de hilos paralelos. La trama se suministra por los lados del telar desde unas bobinas que se cambian automática o manualmente cuando se acaba el hilo. La lanzadera del telar hace pasar los hilos de la trama a través del telar, entrelazándolos perpendicularmente con la urdimbre. Si se modifica el número de hilos de la urdimbre y se altera la secuencia con la que se levantan o se bajan se logran diferentes dibujos y texturas. Durante el tejido, una capa protectora provisional conocida como imprimación protege los hilos de la urdimbre para evitar que se dañen.

2.3.2 Partes principales

A) Lizos o marcos: son los órganos del telar empleados para dividir la urdimbre en dos series de hilos, que formarán un ángulo diedro, calada, por el interior del cual se hace pasar la trama.

B) Peine: órgano del telar que como su nombre lo dice es un peine que sirve para empujar las pasadas hacia el tejido ya fabricado, determinar y conservar la densidad.

C) Plegador del tejido: cilindro en el que se va enrollando el tejido al ser terminado.

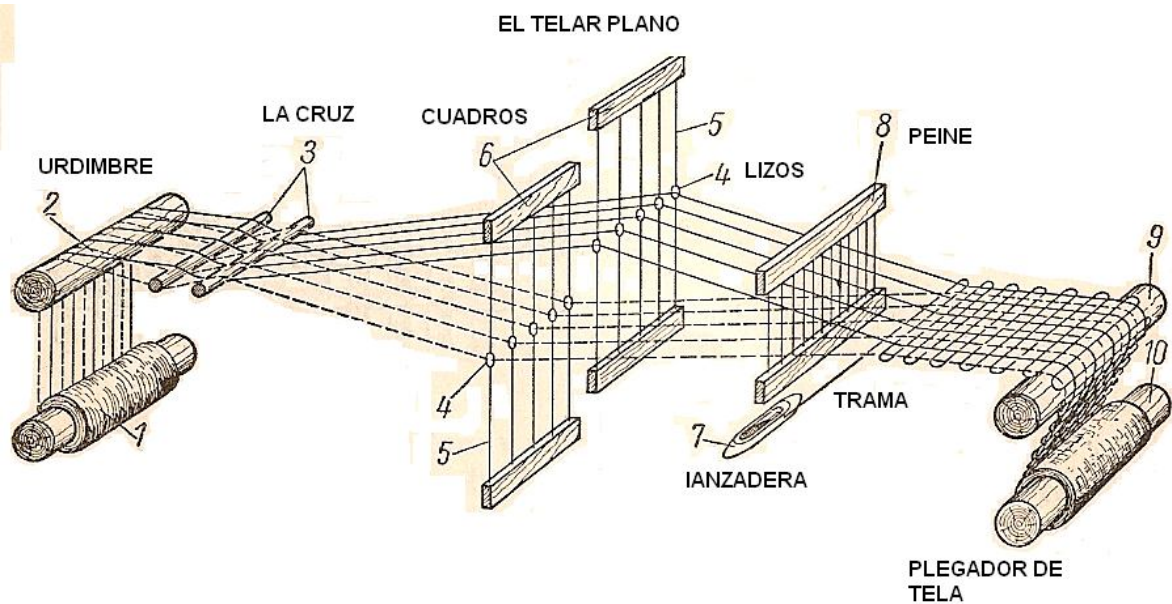


Figura 2.6 Esquema de partes de un telar plano.

2.3.3 Tipos de telares

2.3.3.1 Telares manuales

El telar manual está montado sobre un bastidor que proporciona el soporte que se requiere para sostener las partes móviles, con los hilos de la urdimbre paralelos con respecto al suelo. En la parte posterior del telar se encuentra un cilindro alrededor del cual se enrollan los hilos de la urdimbre para mantenerlos tensos. El cilindro se gira a medida que se fabrica el tejido, para disponer de más urdimbre para tejer. En la parte del telar en donde se instala el hilo de la trama cada hilo de la urdimbre pasa a través de un orificio situado en la parte central de un alambre vertical llamado lizo. Los distintos lizos están unidos a un arnés de metal o de madera de forma que puedan levantarse o bajarse los lizos en un solo paso, junto con los hilos de urdimbre que los atraviesan.

En los telares el picado se hace manualmente. El tejedor pasa a través del hueco una lanzadera que contiene una bobina de hilo de trama. Después de cada paso de la lanzadera, el hilo de la trama se golpea contra el hilo anterior, moviendo hacia adelante

y hacia detrás un batiente, un peine con una hilera de alambres. Después de batir el hilo, el tejedor hace descender los lizos que estaban levantados y levanta los que estaban bajados, cambiando de esta forma el hueco.

2.3.3.2 Telares mecanizados

Es en esencia parecido al telar manual, este tipo de telar cuenta con algunos elementos adicionales, como mecanismos para detener el telar si la trama o la urdimbre se rompen o si la lanzadera no alcanza el final de su recorrido. Otros dispositivos permiten intercambiar las lanzaderas sin necesidad de detener el funcionamiento del telar. En uno de los extremos del telar se encuentra un cargador con varias bobinas llenas de hilo. El telar cuenta con un mecanismo para expulsar las bobinas vacías y tomar una nueva.

Cuando se requiere un tejido más elaborado se utilizan telares más complejos. Para crear figuras se emplean telares de lizos. La diferencia fundamental es el funcionamiento de los arneses. En un telar de dos arneses, o sea, un telar con dos conjuntos de lizos, sólo es posible fabricar tejidos simples. Las fibras de sarga¹ requieren telares con tres o más arneses. Los arneses de los telares de lizos se controlan con un cabezal que determina el arnés que está levantado o bajado en cada pasada de la lanzadera.

Un avance adicional es el telar de Jacquard, en este tipo de telares no se utilizan arneses de lizos, sino que los hilos de la urdimbre se controlan con un conjunto de alambres verticales unidos a un cabezal Jacquard que se encuentra en la parte superior del telar.

El proceso de tejido se controla con una serie de tarjetas perforadas que corresponden al patrón de la trama. Se perfora o se deja sin perforar la tarjeta en los puntos que corresponden a cada hilo de la urdimbre. Se hace pasar por el cabezal Jacquard una

¹ Tela cuyo tejido forma líneas diagonales.

tarjeta perforada por cada hilo de la trama. Los orificios de la tarjeta determinan el hilo de la urdimbre que debe levantarse o bajarse; con este sistema es posible producir patrones de mayor dificultad.

La reproducción de patrones de tejido con tarjetas Jacquard es una tarea muy especializada. En el caso de fibras con hilos teñidos, en que se utilizan lanzaderas diferentes para cada color de la trama, se intercambian las lanzaderas en función del patrón de colores de la tela, lo que se consigue con el uso de varios cajetines de lanzadera, cada una de las cuales contiene una lanzadera con un hilo de un color.

2.3.3.3 Telares modernos [4]

Hoy en día el telar mecánico convencional se considera arcaico e ineficaz, por lo que se han desarrollado otros tipos de telares en los que se intenta eliminar la lanzadera. Se conocen como telares sin lanzadera. Entre ellos se encuentra un sistema suizo que reemplaza la lanzadera con un dardo. En lugar de transportar su propia carga de hilo, el dardo lo toma de un paquete de gran tamaño y lo arrastra a través del hueco.

Otro tipo importante de telar sin lanzadera es el telar de chorro, que utiliza un chorro de aire o agua a alta presión para empujar el hilo de trama de un lado a otro, con lo que se evita utilizar dispositivos mecánicos. Estos telares permiten insertar hasta 1.500 hilos de trama por minuto. A continuación se muestra la clasificación de los telares modernos.

A) Según el mecanismo de movimiento de la urdimbre

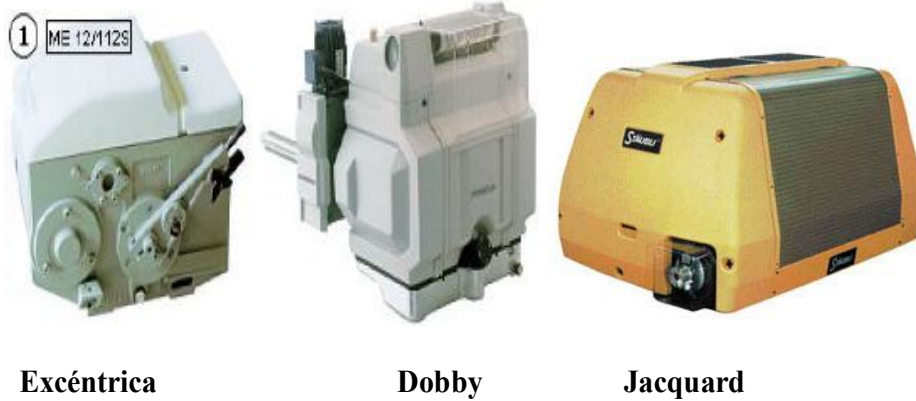


Figura 2.7 Clasificación de los telares según el movimiento de la urdimbre.

B) Según el sistema de inserción de la trama



Figura 2.8 Clasificación de los telares según sistema de inserción de la trama.

C) Según el número de caladas

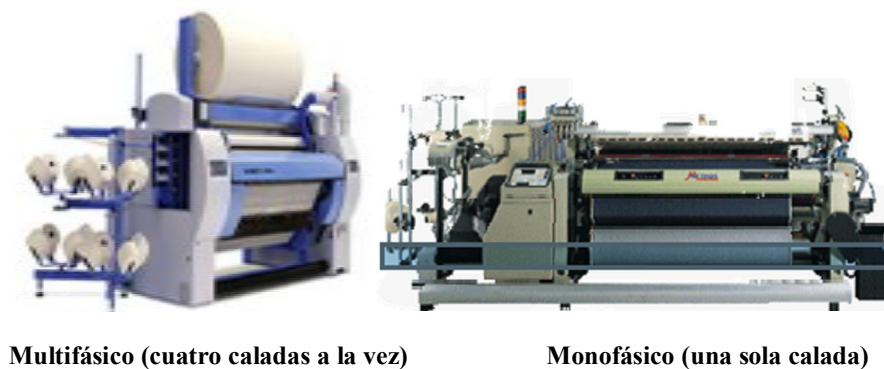


Figura 2.9 Clasificación de los telares según número de caladas.

2.4 Frenos [5]

2.4.1 Introducción

Los frenos son dispositivos de fricción empleados para regular el movimiento de los cuerpos (manteniendo constante su velocidad, manteniéndolos en reposo, etc.)

Los frenos son elementos de máquinas que absorben energía cinética o potencial en el proceso de detener una pieza que se mueve o de reducir la velocidad. La energía absorbida se disipa en forma de calor. La capacidad de un freno depende de la presión unitaria entre las superficies de energía que está siendo absorbida.

Podemos clasificar estos dispositivos de fricción en: zapatas externas sobre tambor, zapatas internas sobre tambor, disco sobre disco, cono en superficie cónica, bandas o cintas envolventes sobre tambores y bandas o cintas de expansión sobre tambores.

2.4.2 Sistema de frenado

Todo dispositivo de frenado funciona por la aplicación de un esfuerzo ejercido a expensas de una fuente de energía. El dispositivo de frenado se compone de un mando, de una transmisión y del freno propiamente dicho.

A) Mando: órgano o mecanismo cuyo funcionamiento provoca la puesta en acción del dispositivo de frenado; suministra a la transmisión la energía necesaria para frenar o controlar esta energía.

B) Transmisión: unión de los elementos comprendidos entre el mando y el freno, acoplándolos de una manera funcional. La transmisión puede ser mecánica, hidráulica, eléctrica o combinada.

C) Freno: Un freno es un dispositivo que se usa para llevar al reposo un sistema en movimiento, para bajar su velocidad o para controlar su velocidad hasta un cierto valor en condiciones cambiantes.

2.4.3 Tipos de freno.

De acuerdo a la forma en que son accionados se clasifican en:

- Frenos Mecánicos.
- Frenos Hidráulicos.
- Frenos Neumáticos.
- Frenos Eléctricos y Magnéticos

Las características de cada freno se detallan en el Capítulo 3 en la sección de selección de la alternativa más óptima. A continuación se muestra un cuadro de clasificación de frenos por el método de acoplamiento.

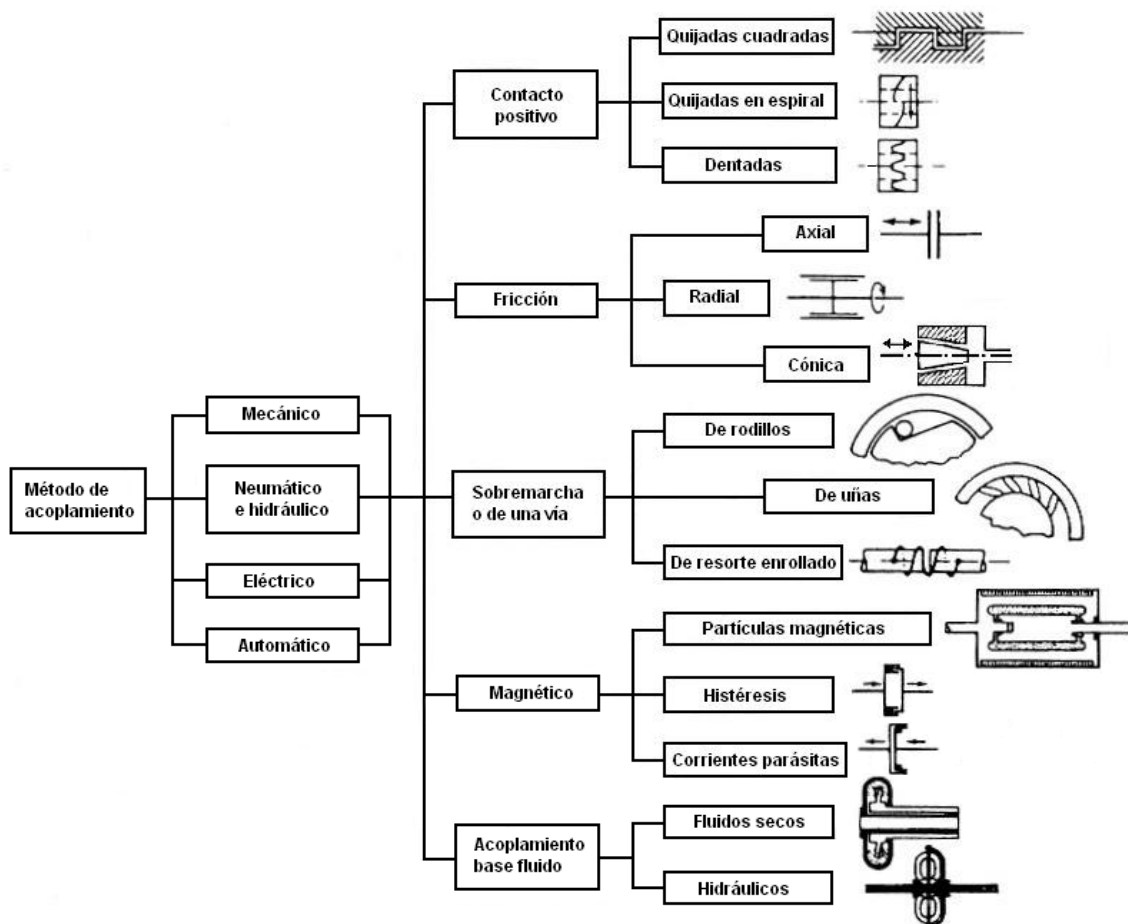


Figura 2.10 Clasificación de frenos por el método de acoplamiento.

2.5 Pares Tribológicos [6]

2.5.1 Introducción

La proyección, construcción y explotación de máquinas sin tener en consideración el carácter interdisciplinario de la tribología, lleva a la obtención de sistemas mecánicos caracterizados por considerables pérdidas de energía, alto consumo de materiales y materia prima; lo que es lo mismo máquinas de baja eficiencia, productibilidad, durabilidad y fiabilidad.

En la actualidad los objetivos técnicos económicos de la tribología son:

- Ahorro de energía (la disminución de la fricción es la vía directa para el ahorro energético).
- Ahorro de materiales y materias primas (la vía para dar cumplimiento a este objetivo es: incremento de resistencia al desgaste de los sistemas tribológicos).
- Explotación óptima de los sistemas tribológicos (el cumplimiento de este objetivo evita considerable gasto de materiales y lubricantes, costosos trabajos de reparación y grandes periodos de tiempo improductivo en la industria).

Tribología e ingeniería

Los engranes, cadena de tracción y transmisión, cojinetes de deslizamiento y rodamiento, transmisión por tornillo sin fin, transmisión por fricción, levas, guías, embragues de fricción, frenos, acoplamientos, etc. Son elementos de máquinas que deben basar sus cálculos en criterios tribotécnico con el objetivo de incrementar su capacidad de trabajo eficiencia, durabilidad y fiabilidad.

Durante el diseño tribotécnico se debe tener en consideración los siguientes aspectos:

1. La fricción como fuente de:
 - Pérdida de energía mecánica.
 - Calentamiento de las superficies de rozamiento.

- Vibraciones y ruidos.

2. El desgaste como factor que:

- Cambia la macro y micro geometría de los cuerpos.
- Disminuye la resistencia mecánica de las piezas.
- Incrementa el consumo de materia prima y materiales.

3. La lubricación como:

- Forma más simple para disminuir la fricción y el desgaste.
- Agente refrigerante en los procesos de fricción.

En tal virtud la tribología constituye un punto de partida para los técnicos que se ocupan de los problemas relacionados, con el mantenimiento y reparación de equipos y máquinas; con la selección, evaluación y desarrollo de materiales y lubricantes.

Por lo tanto es una disciplina científica técnica que investiga la fricción, el desgaste y la lubricación, vitalmente importante para el diseño, fabricación y utilización práctica de cualquier sistema con elementos en movimiento.

2.5.2 Sistema tribológico

Es un sistema natural o artificial de elementos, materiales, por lo menos dos, donde se presenta la fricción y en casos extremos el desgaste.

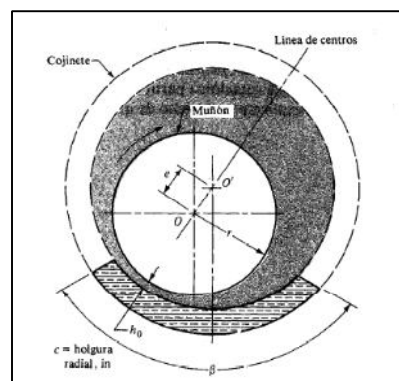


Figura 2.11 Esquema de sistemas tribológicos.

La figura 2.11 muestra a los cuerpos: 1 (eje), 2 (bujes), 3 lubricantes y 4 espacio entre eje y buje.

Durante un estudio de sistema tribológico es necesario definir una serie de parámetros que permitan identificarlo plenamente; los datos y parámetros se recogen en las “hojas de datos” la cual se indica a continuación:

2.5.3 Sistema tribológico a analizar

1. Denominación

2. Función

3. Esquema

4. Descripción estructural

- Forma cuerpo 1 cuerpo 2
- Macro geometría cuerpo 1 cuerpo 2
- Micro geometría cuerpo 1 cuerpo 2
- Materiales y propiedades cuerpo 1 cuerpo 2
- Contaminante
- Medio

5. Propiedades del par

- Tipo de contacto: (superficial, lineal, puntual)
- Tipo de fricción: (deslizamiento, rodamiento, combinado)
- Estado de fricción: (seco, lubricado)
- Grado de recubrimiento
- Huelgo

6. Condiciones de trabajo

- Tipo de movimiento (traslación, rotación, reciprocante)
- Carácter del movimiento (estacionario, móvil)
- Velocidad relativa(deslizamiento, rotación)
- Magnitud de carga normal
- Presión
- Carácter de carga(constante, variable, impacto)
- Temperatura de trabajo

7. Comportamiento friccional.

- Fuerza de fricción
- Momento friccional
- Trabajo o energía de fricción (eficiencia)
- Coeficiente de fricción
- Magnitud de desgaste
- Tipo de desgaste
- Diagrama de desgaste

2.5.4 Fundamentos de la mecánica del contacto [7]

2.5.4.1 Mecánica del contacto

Los procesos tribológicos dependen de la calidad superficial de los cuerpos (eje - buje) en contacto; entendiéndose como tal, las características macro y micro geométricas, propiedades físicas, químicas y mecánicas de las capas superficiales.

La mecánica del contacto se ocupa del estudio de los puntos de contacto, su estado tensional y deformacional, lo que constituye la base para el análisis de los procesos

superficiales que se producen durante el movimiento relativo de los cuerpos en contacto (eje - buje).

2.5.4.2 Macro y micro geometría superficial.

La geometría superficial de los cuerpos sólidos se divide en:

Macro geometría

Dimensiones y formas de los cuerpos

Macrodesviaciones de forma

Micro geometría:

Ondulaciones

Rugosidades

La macro y microdesviaciones se deben a los procesos tecnológicos empleados en la elaboración de las piezas y a los efectos que se ven sometidos los elementos de máquinas.

2.5.4.3 Rugosidad superficial

La rugosidad superficial o aspereza se debe a la geometría a la herramienta de corte, el desgaste de la misma, vibraciones del sistema, del régimen de elaboración empleado, a las propiedades del material de la herramienta y de la pieza.

Las características fundamentales de la rugosidad superficial son:

- Densidad
- Altura de los picos
- Paso entre los picos
- Radio de los picos
- Pendiente al plano horizontal

Los parámetros geométricos de la rugosidad superficial se encuentran establecidos por las normas vigentes de cada país

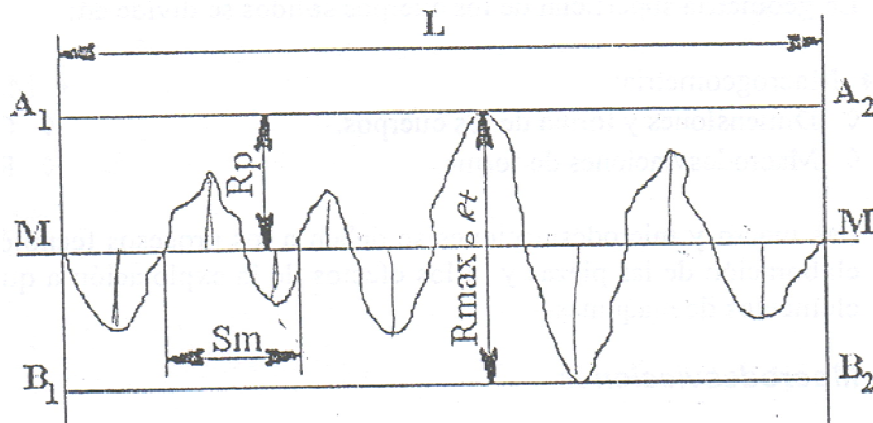


Figura 2.12 Perfilograma superficial.

Dónde:

Rmax: Altura máxima de las microirregularidades.

Rp: Altura máxima de la cresta.

M: Línea media.

Ra: Desviación media aritmética

2.5.4.4 Contacto macro geométrico.

En el diseño del par tribológico (eje-buje) los procesos de fricción, desgaste se producen en las capas superficiales, por lo tanto el estado tensional y deformacional se deben analizar en el área de contacto.

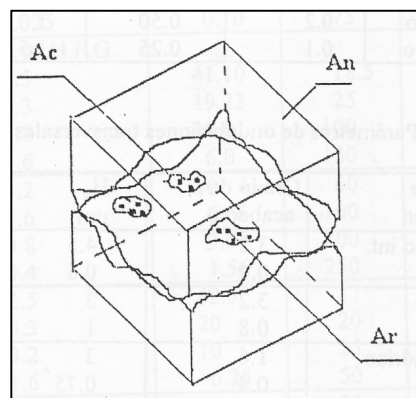


Figura 2.13 Contacto de las superficies.

Dónde:

An: área nominal

Ac: área de contorno

Ar: área real

En la mecánica del contacto se establecen dos áreas de contacto:

- Área nominal de contacto (micro geometría)
- Área real de contacto (micro geometría)

En el caso de cuerpos con superficies curvas se considera la geometría de los cuerpos, las propiedades mecánicas de los materiales y la carga aplicada.

2.5.4.5 Área de contacto en superficies curvas

Para calcular el área nominal se utiliza la expresión de Hertz.

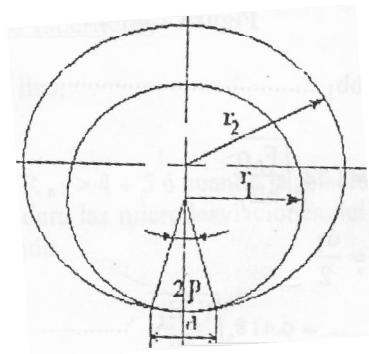


Figura 2.14 Superficies cilíndricas interiores.

$$P_n = F_n / A_n$$

(1)

Dónde:

An: Área nominal

F_n: Carga nominal

- Factores de desgaste ($m, n, n_0, c, C_0, \gamma, \alpha, \rho$)

Son factores que permiten determinar la presión nominal y se calculan tomando en consideración los siguientes aspectos:

E_1 = Módulo de elasticidad del material 1.

E_2 = Módulo de elasticidad del material 2.

r_1 = Radio del eje

r_2 = Radio del buje

μ_1 = Coeficiente de fricción del material 1

μ_2 = Coeficiente de fricción del material 2

HB_1 = Dureza del material 1

HB_2 = Dureza del material 2

Ra_1 = Rugosidad del material 1

Ra_2 = Rugosidad del material 2

b = Longitud del buje

Las expresiones matemáticas que permiten el cálculo de los factores de desgaste se detallan enseguida:

$$m_1 = 0.08 - 0.06 \lg(E_2/E_1)$$

(2)

$$m_2 = 0.20 + 0.21 \lg(E_2/E_1) \quad (3)$$

$$n_0 = 904 * 10^{-6} \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^3 + 0.014 \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^2 - 0.062 \left(\frac{E_2}{E_1}\right) + 0.55$$

(4)

$$n = m_1 \mu_1 + m_2 \mu_2 + n_0 \quad (5)$$

$$C_0 = \left(\frac{4}{\pi}\right) (1 - \mu_1^2) + (1 - \mu_2^2) \quad (6)$$

$$C = 0.37 \left(\frac{C_0 + 0.17}{0.17}\right)^n \quad (7)$$

$$Pp = \frac{Fn}{2r_2} b \quad (8)$$

$$\gamma = \frac{(r_2 - r_1)}{r_1} \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{Pp}{E_2 \gamma} \quad (10)$$

$$\rho = C \left(\frac{\alpha}{\alpha + 1} \right)^n \quad (11)$$

$$d = 2rp \quad (12)$$

$$An = db \quad (13)$$

2.5.4.6 Contacto micro geométrico.

El contacto micro geométrico en el par tribológico depende de:

1. Rugosidad superficial.
2. Cinemática de los cuerpos.
3. El estado tensional.

Se toman en consideración la primera y la tercera condición puesto que la segunda corresponde a un deslizamiento lineal de los pares tribológicos.

2.5.4.6.1 Contacto microgeométrico según la rugosidad superficial

➤ Contacto Rugoso – Liso

Se produce cuando existen las siguientes condiciones:

$$\frac{Ra_2}{Ra_1} < 4 \quad \frac{HB_2}{HB_1} < 2 \quad \frac{Rq_2}{Rq_1} < 10 \quad (14)$$

Dónde:

Ra = Desviación media aritmética

Rq = Altura mínima de la cresta o valle.

HB = Dureza Brinell

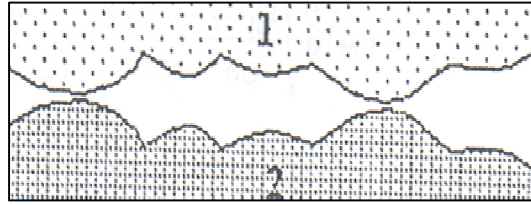


Figura 2.15 Contacto rugoso-rugoso.

2.5.4.6.2 Contacto microgeométrico según el estado tensional

Según el estado tensional el contacto microgeométrico se divide en:

1. Contacto elástico
2. Contacto plástico
3. Contacto elasto – plástico
4. Micro corte

Se considera el análisis para el segundo y tercer punto porque como se demuestra más adelante no existe contacto elástico ni elasto-plástico.

A) Contacto plástico

Se produce cuando las tensiones normales en todas las asperezas del par tribológico sobrepasan el límite de fluencia. Se toma en cuenta los siguientes parámetros:

Capa deformada 17-58 μm

$$0.16 < R_a < 2.5\mu\text{m}$$

$$0.16 < 0.5 < 2.5\mu\text{m}$$

B) Micro corte

Cuando las asperezas del cuerpo más duro (eje- acero) penetran en las capas superficiales del cuerpo blando (buje-bronce) y se produce una sola interacción del corte superficial se debe determinar el índice de plasticidad ϕ para verificar que el micro-corte se genera debido a una deformación elástica o plástica.

Para hallar éste índice se usan las siguientes expresiones matemáticas:

$$E_{eq} = \frac{E_1}{(1 - \mu_1^2)} + \frac{E_2}{(1 - \mu_2^2)} \quad (15)$$

$$\phi = \left(\frac{E^*}{HB} \right) \left(\frac{Rq}{R} \right)^{0.5} \quad (16)$$

Si $\phi < 0.6$ Deformación elástica.

Si $\phi > 1.0$

Deformación plástica.

Dónde:

E_{1-2} = Módulo de elasticidad de cada cuerpo.

μ_{1-2} = Coeficiente de fricción de cada cuerpo.

Rq = Altura mínima de la cresta o valle.

HB = Dureza Brinell

$R=r$ = Radio medio de curvatura de la cresta.

Los valores de R se obtienen de la tabla siguiente:

Tabla 2.1 Parámetros geométricos.

Método de elaboración	Grado de acabado	R_{max} μm	r μm
Rectificado plano	6.3	17.5	35
	3.2	10	100
	1.6	6	180
	0.8	3	370
	0.4	1.57	550
Fresado frontal	6.3	21.25	425
Fresado	3.2	10	900
	1.6	6.7	1350
	12.5	40	20
	6.3	20	30
	3.2	10	45
	1.6	6.6	80
Rectificado Interior	3.2	10	5
	1.6	6.15	8
	0.8	3.25	13
	0.4	1.54	18.5
Rectificado Cilíndrico	1.6	6.15	8
	0.8	3.0	12
	0.4	1.66	20
	0.2	0.85	30
Torneado	6.3	20	35
	3.2	10	50
	1.6	6.25	75
	0.8	3.24	120
Cepillado	12.5	38.5	50
	6.3	20	90
	3.2	9.58	230
	1.6	6.66	400

➤ Geometría del micro contacto

Para definir la interacción de dos superficies en contacto se establecen diferentes teorías y modelos de aspereza superficial. Estas teorías se basan en considerar una superficie rugosa y la otra plana.

La superficie rugosa se considera formada por asperezas de forma prescrita. La altura de las asperezas cumple cierta distribución estadística que considera la probabilidad de una aspereza que tenga una altura z por encima de un plano de referencia.

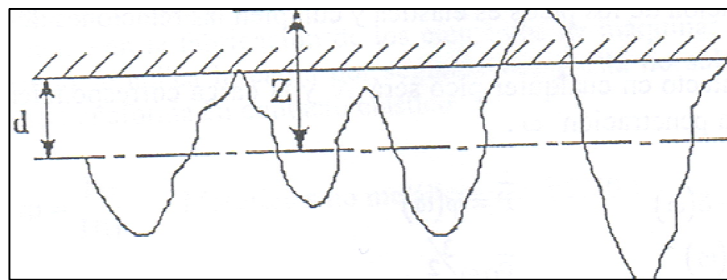


Figura 2.16 Interacción de dos superficies.

El número de asperezas se obtiene a través de la siguiente expresión matemática:

$$N_a = \frac{0.04 A_n}{R \cdot R_a} \quad (17)$$

Dónde:

N_a : Número de asperezas

A_n : Área nominal

R_a : Desviación media

R : Radio del cuerpo blando.

➤ Contacto plástico.

Este tipo de contacto es el que más se obtiene para acabados superficiales utilizados en fabricación de elementos de máquinas.

$$A_{rp} = 2 \frac{F_n}{HB} \quad (18)$$

Dónde:

Arp: Área real de presión

HB: Dureza

Fn: Carga normal

➤ Número de puntos en contacto

$$Ncp = 1.5 * 10^4 \xi \left(\frac{Pa}{HB} \right)^{0.91} \quad (19)$$

$$Pa = \frac{Pn}{0.0045 E' \left(\frac{Ra}{R} \right)^{0.5}} \quad (20)$$

$$E'_{eq} = \frac{(1-\mu_1^2)}{E_1} + \frac{(1-\mu_2^2)}{E_2} \quad (21)$$

$$\xi = \frac{0.565}{\left(\frac{Na}{An} \right)^{0.5} Ra \left(\frac{E'}{HB} \right)} \quad (22)$$

Donde:

Pa: Presión en el área

Pn: Presión nominal

HB: Dureza del material blando

ξ : Deformación que surge producto de la fuerza de fricción

Na: Número de asperezas

➤ Coeficiente de fricción seca

El coeficiente de fricción sin lubricación se realiza con las siguientes expresiones matemáticas:

$$f = \frac{f_0}{HB} + \beta + 0.476 \frac{R_{max}}{R}^{0.5} \frac{Pc}{HB} \quad \text{Para contacto plástico no saturado} \quad (23)$$

$$f = \frac{T_0}{HB} + \beta + 0.8 \frac{R_{max}^{0.5}}{R} \frac{P_c}{HB} \quad \text{Para contacto plástico saturado} \quad (24)$$

$$P_c = S_y (P_n / P_y)^{P_n / P_y} \quad (25)$$

Dónde:

T_0 : Esfuerzo cortante máximo

HB : Dureza del material más blando

R_{max} : Rugosidad máxima

R : Desviación media

P_c : Presión de contorno

S_y : Límite de fluencia

El coeficiente β se obtiene de acuerdo al material del par tribológico. La tabla 2.2 muestra los valores recomendados para cada par tribológico.

Tabla 2.2 Coeficiente β .

Materiales	β
Acero - plástico	0.02-0.017
Acero - goma	0.15
Acero - Acero	0.05-0.07
Acero - Bronce	0.06-0.10

Se determina el tipo de contacto si es plástico saturado o no saturado con la siguiente relación:

$$P_c > 5 * 10^{-3} \left(\frac{R_{max}}{R} \right)^{0.5} \Rightarrow \text{Contacto plastico saturado} \quad (26)$$

Dónde:

R: Radio medio de cresta

R_{max} : Rugosidad máxima

S_y : Límite de fluencia

$$\mathcal{T}_{max} = 0.57s_y \quad (27)$$

$$\mathcal{T}_0 = (0.6 - 0.8)\mathcal{T}_{max} \quad (28)$$

2.5.4.7 Grados de acabado con distintos métodos de fabricación

El acabado de la superficie es un término subjetivo que denota la suavidad y calidad general de una superficie. Es frecuente utilizar el acabado superficial o de la superficie como sinónimo de su rugosidad.

La medida que se emplea más comúnmente para la textura de una superficie, es su rugosidad.

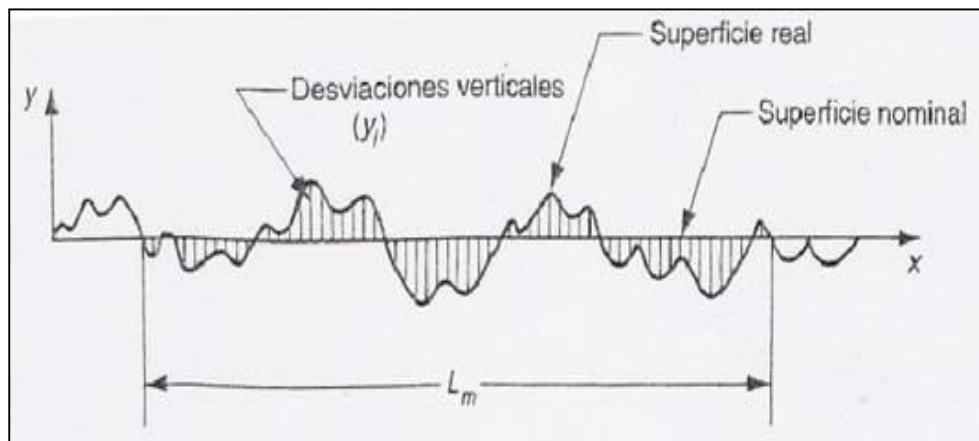



Figura 2.17 Rugosidad de una superficie.

La rugosidad de la superficie se define como el promedio de las desviaciones verticales a partir de la superficie nominal, en una longitud especificada de la superficie. Por lo general se utiliza un promedio aritmético, con base en los valores absolutos de las

desviaciones, y este valor de la rugosidad se conoce con el nombre de rugosidad promedio.

Algunas aplicaciones de los estados superficiales se detallan en la Tabla 2.3

Tabla 2.3 Aplicaciones de los estados superficiales.

	Clase de Ra	Estado superficial	Procedimiento de fabricación	Aplicaciones
Sin sobremedida para mecanizado y sin arranque de viruta		Basto, sin eliminación de rebabas	Forja Fundición Corte con soplete	Bastidores de máquinas agrícolas (cultivadores, gradas, etc.)
	N12 N11	Basto, aunque sin rebabas	Forja, fundición y oxicorte de calidad	Maquinaria agrícola en general
Con sobremedida para mecanizado y arranque de viruta	N10 N9	Desbastado Marcas apreciables al tacto y visibles	Lima Torno Fresadora	Agujeros, avellanados, superficies no funcionales, ajustes fijos
	N8 N7	Marcas ligeramente perceptibles al tacto, aunque visibles	Lima, torno o fresadora con mayor precisión	Ajustes duros Caras de piezas para referencia o apoyo
	N6 	Acabado muy fino Marcas no visibles ni perceptibles al tacto	Preparación previa en torno o fresadora para acabar con rasquetado, escariado, etc.	Ajustes deslizantes Correderas Aparataje de medida y control
	N4 N3 N2 N1	Acabado finísimo, especular Marcas totalmente invisibles	Acabado final mediante lapado (acabado con abrasivo), bruñido o rectificado de calidad	Calibres y piezas especiales de precisión

Las clases de rugosidad y el valor de acabado superficial son tabulados de acuerdo al método de elaboración de la pieza y/o mecanismo. Las tablas siguientes detallan este aspecto:

Tabla 2.4 Clases de acabado superficial.

Valor de la Rugosidad Ra		
micrómetros m	micropulgadas in	Clase de rugosidad
50	2000	N12
25	1000	N11
12,5	500	N10
6,3	250	N9
3,2	125	N8
1,6	63	N7
	32	
	16	
0,2	8	N4
0,1	4	N3
0,05	2	N2
0,025	1	N1

Tabla 2.5 Grados de acabado- Rugosidad superficial.

G.A	Ra (μ m)	Rz (μ m)	G.A	Ra (μ m)	Rz (μ m)
100	63	250	0.8		2.0
	80	320			2.5
	100	400		0.80	3.2
50	32	125	0.4	0.25	1.0
	40	160		0.32	1.25
	50	200		0.40	1.60
25	16	63	0.2	0.125	0.50
	20	80		0.160	0.63
	25	100		0.200	0.80
12.5	8.0	32	0.1	0.063	0.25
	10.0	40		0.080	0.32
	12.4	50		0.100	0.40
6.3	4.0	16	0.05	0.032	0.125
	5.0	20		0.040	0.160
	6.3	25		0.050	0.200
3.2	2.0	8.0	0.025	0.016	0.063
	2.5	10.0		0.020	0.080
	3.2	12.5		0.025	0.100
1.6	1.0	4.0	0.012	0.008	0.032
	1.25	5.0		0.010	0.040
	1.60	6.3		0.012	0.050

2.5.4.8 Métodos de elaboración

La fabricación de piezas mediante arranque de viruta o material se consigue a partir del mecanizado de su superficie, lo que puede realizarse por varios procedimientos entre ellos:

- Fresado.
- Torneado.
- Taladrado.
- Aserrado.

Por otra parte, los procedimientos de fabricación sin arranque de viruta tienen la particularidad de que moldean o forjan el material sin arrancar parte del mismo. Entre estos procedimientos de fabricación podemos destacar:

- Fundición.
- Forja.
- Laminado.
- Extrusionado.

Además existen procesos de fabricación especiales como son:

A) Acabado superficial especiales.

- Rectificado
- Bruñido.
- Rasqueteado.
- Moleteado.
- Limado.
- Escariado.

B) Tratamientos térmicos.

- Templado.
- Revenido
- Recocido.
- Cementado.

2.5.4.9 Selección de materiales para cojinetes de deslizamiento

El par tribológico del telar plano está conformado por dos cojinetes de deslizamiento (bujes) los mismos que permiten realizar un estudio para verificar en qué condiciones está funcionando.

Para realizar el estudio se escoge el bronce fundido con las siguientes características:

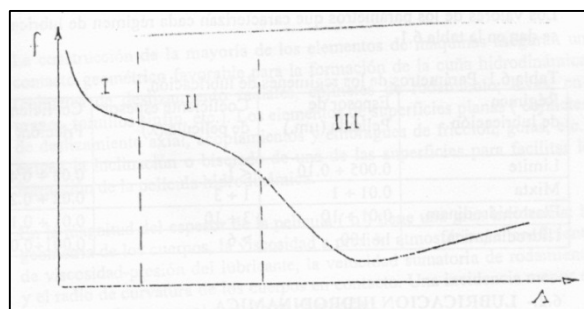
Tabla 2.6 Características del material.

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	
Módulo de elasticidad	E = 116 GPa
Dureza Brinell	637 HB
Carga máxima	31 MPa
Velocidad máxima	7.62 m/s
Temperatura	162.77 °C

2.5.5 Regímenes de lubricación en cojinetes de deslizamiento

Durante la lubricación en el par tribológico se puede distinguir los regímenes de lubricación en dependencia de: la carga normal a las superficies, la velocidad de deslizamiento, la microgeometría superficial, las propiedades de los lubricantes utilizados y la forma geométrica de los cuerpos (eje - buje) en contacto.

La figura 2.18 muestra la variación del coeficiente de fricción en función del parámetro adimensional Λ conocido como característica del régimen de lubricación



I.- L. Límite II L. Mixta III.- L. Fluida

Figura 2.18 Regímenes de lubricación.

2.5.5.1 Tipos de lubricación

Se pueden identificar como cinco formas de lubricación:

1. Hidrodinámica
2. Hidrostática
3. Elastohidrodinámica
4. De capa límite
5. De película sólida.

En el par tribológico del telar plano existe la lubricación de capa límite por lo que es necesario solucionar el problema para que exista una lubricación hidrodinámica.

2.5.5.2 Lubricación hidrodinámica

El efecto hidrodinámico consiste en la autoformación de una cuna lubricante entre las superficies, como resultado del arrastre del lubricante en el huelgo entre (eje-buje) sin la aplicación de fuerzas externas.

La formación de la cuña hidrodinámica se debe a:

- Al movimiento de una superficie paralela a la otra.
- A la existencia durante el movimiento de un gradiente de presión a lo largo de la película del lubricante, o sea en dirección del flujo.

La formación de la cuna hidrodinámica depende de la viscosidad del lubricante y de las condiciones de trabajo (presión, velocidad temperatura) con el aumento de la viscosidad y la velocidad se asegura la lubricación hidrodinámica para una carga dada.

La teoría hidrodinámica a partir de los trabajos de Petroff y Reynolds se encuentra ampliamente desarrollada, existiendo métodos analíticos que permiten el diseño óptimo de los pares tribológicos.

A) Ley de Petroff

f

$$= 2\pi^2 \frac{\mu N r}{P c} \quad (29)$$

f.- Coeficiente de fricción.

r.- Radio del eje.

c.- Holgura radial.

μ .- Viscosidad dinámica, reyn.

N.- Velocidad significativa.

P.- Carga por unidad de área proyectada de cojinete.

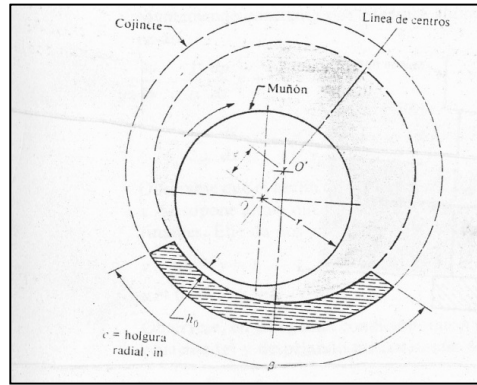


Figura 2.19 Cojinete deslizante.

Para determinar el coeficiente de espesor de película relativo γ :

$$\gamma = \frac{h_{min}}{(R_{a1}^2 + R_{a2}^2)^{0.5}} \quad (30)$$

h_{min} . —Espesor mínimo de la película del lubricante

R_{a1} ; R_{a2} : Rugosidad de los cuerpos en contacto

Tabla 2.7 Parámetros de los regímenes de lubricación.

Régimen de Lubricación	Espesor de Película (μm)	Coeficiente de espesor De película λ	Coeficiente de fricción f
Limite	0.005-0.1	< 1	0.03-0.40
Mixta	0.01-1	1-3	0.02-0.20
Elastohidrodinamica	0.01-10	3-10	0.01-0.1
Hidrodinámica	1-100	> 6	0.001-0.01

2.5.5.3 Lubricación hidrodinámica entre superficies contacto interior

Para nuestro estudio es necesario tener en cuenta que el par tribológico (eje-buje) gira en sentido del reloj, si no existe la lubricación adecuada el eje trabajara en condiciones secas por lo que tendera a desgastarse El cojinete hacia el lado derecho, y si existe la lubricación adecuada la acción giratoria del eje impulsa el lubricante alrededor del cojinete en sentido del reloj obligando al eje a desplazarse hacia el otro lado (izquierdo), formándose una película de espesor mínimo.

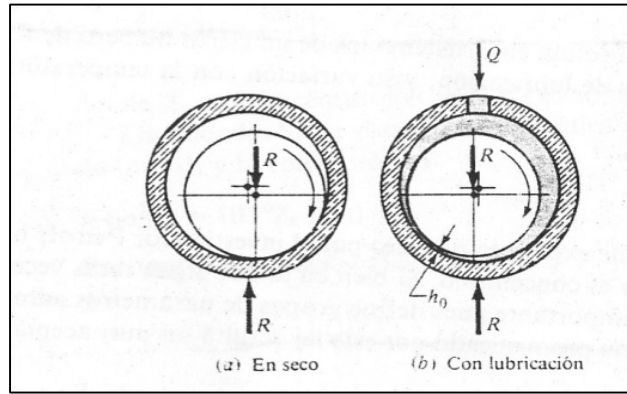


Figura 2.20 Formación de la película de aceite.

A) Espesor de la película hidrodinámica.

El espesor de la película hidrodinámica depende de la forma geométrica de los cuerpos en contacto, para el caso que se analiza la forma geométrica corresponde al tipo cilindro interior.

El espesor mínimo de la película está dado por la siguiente expresión matemática:

$$h_{\min} = 0.52 \frac{\mu_0 V \varepsilon}{q_z} \frac{d}{\psi(\frac{d}{l}+1)}$$

(31)

Dónde:

$$\psi = \frac{r_2 - r_1}{r_2} \quad (32)$$

$$q_z = \frac{Fn}{b} \quad (33)$$

μ_0 : Viscosidad cinemática

$V\varepsilon$: Sumatoria de las velocidades circunferenciales

d : diámetro del eje

B) Coeficiente de fricción

La magnitud del coeficiente de fricción depende de la geometría de los cuerpos en contacto, de las condiciones de trabajo, del tipo de fricción y de la viscosidad del lubricante.

C) Tipos de contacto:

- Contacto cilindro- plano
- Contacto cilindro - cilindro exteriores
- Contacto cilindro - cilindro interiores

➤ Contacto cilindro - cilindro interiores

El coeficiente de fricción para el deslizamiento puro y cojinetes de deslizamiento normales se calcula por la expresión siguiente:

$$f = \frac{2\pi\mu V l}{\psi F_N} + 0.55\psi\left(\frac{d}{l}\right)^m \quad (34)$$

$$\frac{d}{l} > 1 \quad m = 1.5 \quad (35)$$

$$\frac{d}{l} < 1 \quad m = 1 \quad (36)$$

Dónde:

μ : Viscosidad cinemática

V : Velocidad del eje

l : Longitud del buje

d : Diámetro del buje.

F_N : Carga normal en el punto.

$$Pp = \frac{Fn}{d \cdot l} \quad (37)$$

$$S_0 = \frac{Pp\psi^2}{\mu\omega} > 1 \quad S_0 = \text{sommerfeld} \quad (38)$$

$$f \approx 3 \sqrt{\frac{\mu\omega}{Pp}} \quad (38)$$

Potencia friccional

$$NF = FN \cdot V = f \cdot FN \cdot V / 1000 \text{ (kW)} \quad (40)$$

$$EF = NF \cdot \text{horas} \text{ (kW-h)} \quad (41)$$

Finalmente se verifica el régimen de lubricación hidrodinámico.

$$\gamma = \frac{h_{\min}}{(R_{a1}^2 + R_{a2}^2)^{0.5}} \quad (42)$$

2.6 Mantenimiento [8]

Se entiende por Mantenimiento aquella función empresarial por la que se estatuye: “El control constante de la planta industrial y el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios, a fin de asegurar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de la planta productiva, de los servicios y equipos del establecimiento”.

El “Mantenimiento de Máquinas e Instalaciones” no es otra cosa que la conservación, vigilancia y cuidados que las mismas requieren para evitar en lo posible averías imprevistas, o reparar éstas con la mayor presteza, es decir es el conjunto de medidas y acciones necesarias para asegurar el normal funcionamiento de una planta, maquinaria o equipo, a fin, de conservar el servicio para el cual han sido diseñadas dentro de su vida útil estimada.

2.6.1 Descripción de las máquinas

La descripción de las máquinas se realiza con mayor detalle en los capítulos tres y cuatro, referente al rediseño y al mantenimiento de los equipos respectivamente.

2.6.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo (MP) se define como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo. Es el enfoque preferido frente al mantenimiento correctivo por cuatro razones principales:

- La frecuencia de fallas prematuras puede reducirse mediante una lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones promovidas por la medición del desempeño.
- Si la falla no puede prevenirse, la inspección y la medición periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto dominó en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de producción.
- En donde podamos vigilar la degradación gradual de una función o un parámetro, como la calidad de un producto o la vibración de una máquina, puede detectarse el aviso de una falla inminente.
- Finalmente, hay importantes diferencias en costos, tanto directos (por ejemplo, materiales) como indirectos (por ejemplo, pérdidas de producción) debido a que una interrupción no planeada a menudo provoca un gran daño a los programas de producción y a la producción misma, y debido también a que el costo real de un mantenimiento de emergencia es mayor que uno planeado y a que la calidad de la reparación puede verse afectada de manera negativa bajo la presión de una emergencia.

La pregunta más crítica en el mantenimiento preventivo es: ¿Qué tarea o serie de tareas deben realizarse para impedir una falla? Obviamente, si entendemos el mecanismo de la falla real del equipo, podemos decidir que tareas son lógicas para impedir la falla y cuáles no son pertinentes.

Si el mecanismo dominante de falla se basa en el tiempo o se debe al desgaste, es decir, si la probabilidad de la falla aumenta gradualmente con el tiempo, la edad o el uso, entonces las tareas de mantenimiento tienen que basarse en el tiempo. Si, por otra parte, la probabilidad de una falla es constante independientemente del tiempo, la edad o el uso, y existe una degradación gradual desde el principio de la falla, entonces las tareas de mantenimiento pueden basarse en las condiciones.

Las tareas basadas en el tiempo se justifican si un restablecimiento o un reemplazo periódico de componentes restablecen el equipo al estado en que pueda realizar las funciones para las que fue creado. Esta tarea podría variar en complejidad desde una reparación general completa de toda la unidad hasta el simple reemplazo de un filtro.

Las tareas basadas en las condiciones, justificadas cuando se desconoce el enfoque de prevención de fallas, se centran en la medición de un parámetro que indique un deterioro o una degradación en el rendimiento funcional del equipo. Las mediciones y las inspecciones mismas pueden programarse regularmente, pero no las tareas de restauración o preventivas. Estas mediciones pueden relacionarse directamente con la operación de la máquina, como la vibración, la temperatura durante el funcionamiento, el amperaje requerido, los contaminantes en el aceite de lubricación o el nivel de ruido, o pueden ser una medida sustituta de la operación de la máquina, como la calidad del producto, sus dimensiones, patrones de desgaste o composición.

El mantenimiento basado en el tiempo (por ejemplo, reparaciones generales) es técnicamente factible si la pieza tiene una vida promedio identificable. La mayoría de las piezas sobreviven dicha edad y la acción restablece la condición de la pieza a su función deseada. El mantenimiento basado en las condiciones es técnicamente factible si es posible detectar condiciones o funcionamiento degradado, si existe un intervalo de inspección práctico, y si el intervalo de tiempo (desde la inspección hasta la falla funcional) es suficientemente grande para permitir acciones correctivas o reparaciones.

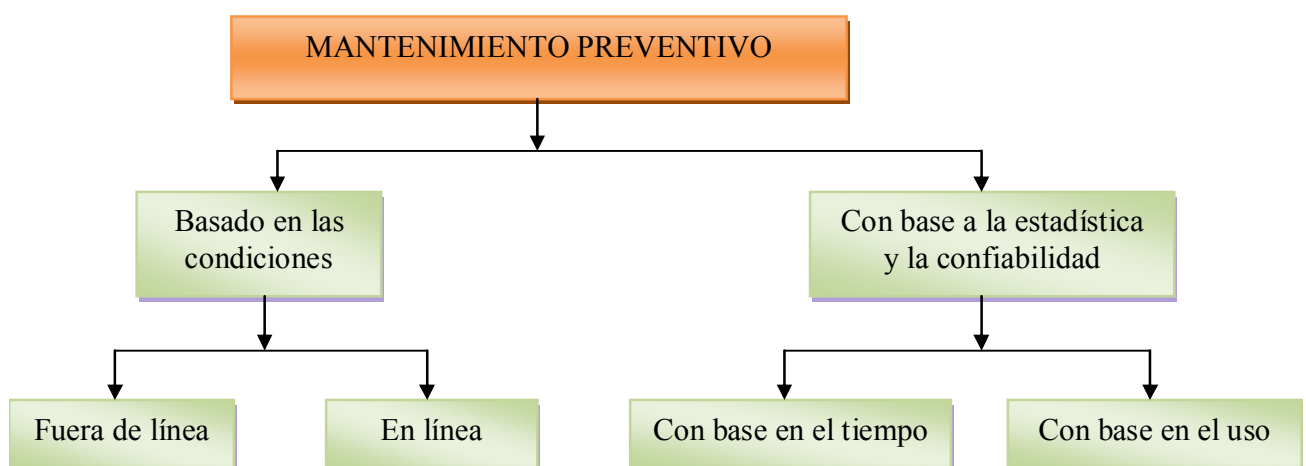


Figura 2.21 Categorías del mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo es el principal requisito para reducir la frecuencia y severidad de las descomposturas de las máquinas. Se utilizan tres amplias medidas para vigilar que el programa de MP sea completo.

- Cobertura del MP.- El porcentaje de equipo crítico para el cual se han desarrollado programas de MP.
- Cumplimiento del MP.- El porcentaje de rutinas del MP que han sido completadas de acuerdo con su programa.
- Trabajo generado por las rutinas del MP.- El número de acciones de mantenimiento que han sido solicitadas y tienen como origen rutinas del MP.

El mantenimiento preventivo basado en las condiciones requiere monitorear una variable que está estrechamente relacionada con la falla de los equipos.

CAPÍTULO III

3. REDISEÑO Y ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS.

3.1 Rediseño de la urdidora.

3.1.1 Introducción

Los mecanismos de freno pueden ser accionados, mecánicamente (tornillo de potencia), por presión de aire o fluido (aceite), por fuerza centrífuga o por fuerza magnética.

A) Selección y especificaciones de frenos

Entre los factores de servicio más característicos a tener en cuenta para seleccionar el tipo de freno adecuado están:

- a) Factores de aplicación: tipo de industria (Textil)
- b) Factores de uso: tipo de motor que se empleará para transmitir potencia (Motor eléctrico).
- c) Factores de potencia y torque: rango de uso (3HP)

B) Disponibilidad de equipos y materiales para frenos

Los materiales para las partes estructurales de los frenos y de los embragues, como los discos y campanas de freno, suelen construirse con aceros o fundiciones de hierro. Las superficies que se encuentran bajo fricción se recubren generalmente con un material que tenga un buen coeficiente de fricción y que al mismo tiempo tenga una buena resistencia a la compresión y a la abrasión térmica. Los recubrimientos pueden ser moldeados o tejidos o de material metálico sinterizado o de aceros endurecidos. Los recubrimientos moldeados poseen resinas poliméricas (epóxidos u otras) para aglutinar ciertos añadidos como virutillas de latón, zinc. Los recubrimientos fibrosos poseen fibras de asbesto. En la Tabla 3.1 se dan algunos índices de los coeficientes de fricción, presión y temperatura máxima para un par de recubrimientos.

Tabla 3.1 Datos de materiales para recubrimientos de fricción en frenos.

MATERIAL	COEFICIENTE DE FRICCIÓN		TEMPERATURA MAXIMA		PRESIÓN MAXIMA	
	EN HUMEDO	EN SECO	°F	°C	Psi	Kpa
Hierro fundido sobre hierro fundido	0,05	0,15-0,20	600	320	150-250	1000-1750
Metal pulverizado* sobre hierro fundido	0,05-0,10	0,10-0,40	1000	540	150	1000
Metal pulverizado* sobre acero duro (templado)	0,05-0,10	0,10-0,30	1000	540	300	2100
Madera sobre acero o hierro fundido	0,16	0,20-0,35	300	150	60-90	400-620
Cuero sobre acero o hierro fundido	0,12	0,30-0,50	200	100	10 40	70-280
Corcho sobre acero o hierro fundido	0,15-0,25	0,30-0,50	200	100	8 14	50-100
Fieltro sobre acero o hierro fundido	0,18	0,22	280	140	5 10	35-70
Asbesto tramado* sobre acero o hierro fundido	0,10-0,20	0,30-0,60	350-500	175-260	50-100	350-700
Asbesto moldeado* sobre acero o hierro fundido	0,08-0,12	0,20-0,50	500	260	50-150	350-1000
Asbesto impregnado* sobre acero o hierro fundido	0,12	0,32	500-750	260-400	150	1000
Grafito sobre acero	0,05-0,10	0,25	700-1000	370-540	300	2100

* El coeficiente de fricción puede mantenerse dentro de $\pm 5\%$ en el caso de materiales específicos en este grupo.

3.1.2 Descripción del problema

3.1.2.1 Justificación

El hilo es la materia prima principal en la industria textil, para que se ejecuten todos los procesos de tejido es necesario que el hilo a utilizar este correctamente alineado, tensado y empaquetado, proceso para el cual hay que frenar el movimiento rotacional de una Urdidora convenientemente, con el uso de un freno que cumpla dicha función de una manera eficaz.

El freno a diseñar poseerá características que mejoren y dinamicen el proceso de bobinado del hilo, evitando demoras en el proceso (paras en el proceso) e inconvenientes funcionales (vibración, desalineación, etc.) y de tipo ergonómico (ruido, dificultad de accionamiento).

3.1.2.2 Tecnología existente

Para la solución al problema en la Urdidora actualmente se ha instalado un sistema de freno de cinta, el cual ayuda a solucionar en parte el tensado del hilo, la regulación del

sistema es ineficiente, lo que dificulta el proceso y lo vuelve deficiente, además el sistema de mando es proclive a la rotura al ser sometido a cargas rotacionales consecutivas.



Figura 3.1 Freno existente

3.1.2.3. Aplicaciones del diseño

El freno mecánico a instalar deberá mejorar el proceso de tensado del hilo, permitiendo la regulación adecuada en función del requerimiento (tensado del hilo), lo que se pretende es reducir las pérdidas de tiempo y el monitoreo constante del sistema, además de obtener un resultado óptimo en el tejido.

3.1.2.4 Metodología

- Mejorar el sistema de freno en la urdidora, para optimizar el tiempo de uso de la máquina y que el proceso de bobinado del hilo sea más eficiente y seguro.
- Regular adecuadamente el freno para obtener un tensado de hilo óptimo.
- Facilitar el uso del sistema mediante un accionamiento seguro y adecuado del freno.
- Evitar problemas de vibración y desequilibrio en el eje de la Urdidora.

3.1.3 Selección de alternativas de diseño.

Como alternativas se considera los siguientes mecanismos para que accionen el freno:

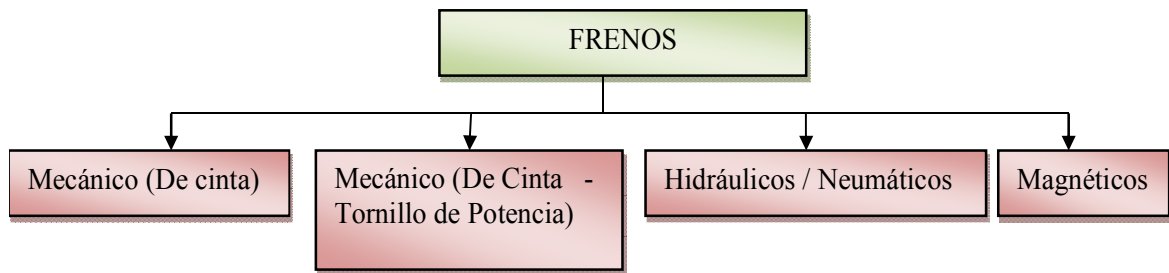


Figura 3.2 Alternativas de diseño de los frenos.

3.1.3.1 Análisis de los mecanismos de freno mecánico, neumático y magnético.

A) Mecanismo de freno mecánico (Tornillo de potencia)

Ventajas

- Posee un costo relativamente bajo.
- Facilita la regulación para el tensado del hilo.
- Puede variarse la capacidad de par torsional dentro de ciertos límites variando el ajuste del freno.
- Fácil mantenimiento del freno.
- Fácil de colocarse en un extremo libre del eje.

Desventajas.

- No se puede adaptar un control remoto para su funcionamiento.
- Dificultad de tener un ajuste preciso del freno.
- Requiere de un mantenimiento adicional.

B) Mecanismo de freno hidráulico-neumático

Ventajas.

- Posee una gran gama de capacidad de par torsional.

- No requieren ajuste.
- Se adapta para el servicio lento y deslizante.
- Se puede acoplar a un control remoto a una distancia razonable.

Desventajas.

- Necesidad de un suministro de presión de aire o de fluido constantes.
- Es necesario colocarlo cerca de un extremo de eje libre.
- Requiere de acoplamientos apropiados para su funcionamiento.
- Necesidad de equipo auxiliar costoso, en algunos casos.

C) Mecanismo de freno magnético.

Ventajas.

- Apropriados para colocarlos en cualquier parte a lo largo de la longitud de un eje.
- Fácil accionamiento a control remoto siempre que no se requiera una extrema sensibilidad para acción lenta o arranque gradual.

Desventajas.

- Necesidad de un suministro constante de CC.
- La necesidad de aparatos de control más elaborados, particularmente cuando se desea un par torsional variable.
- Necesidad de equipos costosos.

3.1.4 Metodología del diseño para el mecanismo de frenado de la urdidora

Tabla 3.2. Lista de características (C) y exigencias (E)

FUNCIONES	
La urdidora debe formar carretes de hilo	E
El mecanismo debe frenar el movimiento rotativo del equipo	E
El hilo debe tensarse convenientemente	E

El mecanismo de freno tiene que regularse fácil y adecuadamente	E
ENERGÍA	
La energía motriz de la urdidora es suministrado por un motor eléctrico	E
La energía requerida para el proceso de frenado será regulada por un operador	E
Minimizar pérdidas por fricción	C
SEGURIDAD	
El sistema de Mando – Transmisión y Freno tendrán la eficiencia y eficacia en su funcionamiento.	
El sistema de freno irá acompañado de las correspondientes instrucciones de montaje uso y mantenimiento.	E
El sistema de freno tendrá un nivel de seguridad suficiente a fin de preservar la integridad del operador y los bienes.	E
Evitar el uso de elementos que causen daños e inconvenientes en el funcionamiento.	C
ERGONOMÍA	
El acceso para el operador deberá ser cómodo para las operaciones de manipulación y control del sistema así como para el mantenimiento, montaje y desmontaje	E
El manejo del sistema no debe traer complicaciones o producir lesiones en los operadores.	C
FABRICACIÓN	
El sistema debe ser de fácil ensamblaje y anclaje	E
Los elementos que formen parte del equipo deben ser de fácil manufactura.	C
Los materiales utilizados deben existir en el mercado	E
Los elementos de la maquina deben resistir esfuerzos a los que están sometidos	E
La transmisión de fuerzas se realizara por medio de sistemas mecánicos	C
El equipo debe tener buena estabilidad y rigidez, para evitar accidentes	C
SEÑALES	
El sistema deberá tener etiquetas de advertencias para evitar accidentes	E
CONTROL	
Evitar que los niveles de desgaste en el sistema sean elevados	E
Inspeccionar periódicamente los componentes mecánicos del sistema y evaluar su funcionamiento	E
Verificar que los objetivos y los resultados sean óptimos y que para el sistema implementado sea eficiente y eficaz	
Seguir el plan de mantenimiento preventivo establecido para el equipo en general	E
FUNCIONAMIENTO	
El funcionamiento deberá ser eficaz para evitar paradas innecesarias.	E
El funcionamiento del equipo será posible solo si existen las garantías necesarias de seguridad	E
MANTENIMIENTO	
Los elementos que están sometidos a fricción deben ser fáciles de lubricar	E
Los elementos y/o repuestos proclives a fallar deben existir en el mercado	E
Los elementos y sistemas del equipo deben ser fáciles de montar y desmontar	E

3.1.4.1 Estructura de funciones

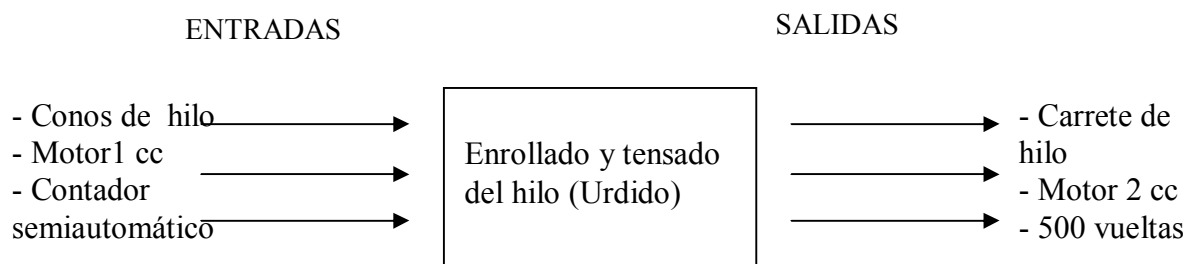


Tabla 3.3 Estructura de funciones

	Entradas	Salidas
Materia	Ingreso de materia prima: - Conos de hilo (392 hilos)	Bobinas de hilo tensado en carretes, listo para el uso en los telares.
Energía	Proporcionado a la máquina: - Motor eléctrico (2) movimiento urdidora y carrete. - Freno (tensar el hilo)	Torque, ruido, vibraciones, incremento de la temperatura.
Señales	Inicio del funcionamiento del freno	Carrete de hilo templado.

Los procesos técnicos necesarios serán: ubicación de los conos de hilo, movimiento rotacional de la urdidora, ordenamiento (peine fijo) y primer bobinado del hilo, freno, tensado y bobinado final del hilo, verificar que se cumpla con las características y exigencias planteadas, hasta la culminación del proceso.

Tabla 3.4 Forma de estructura de funciones 1 (Mecánica - Tornillo de potencia).

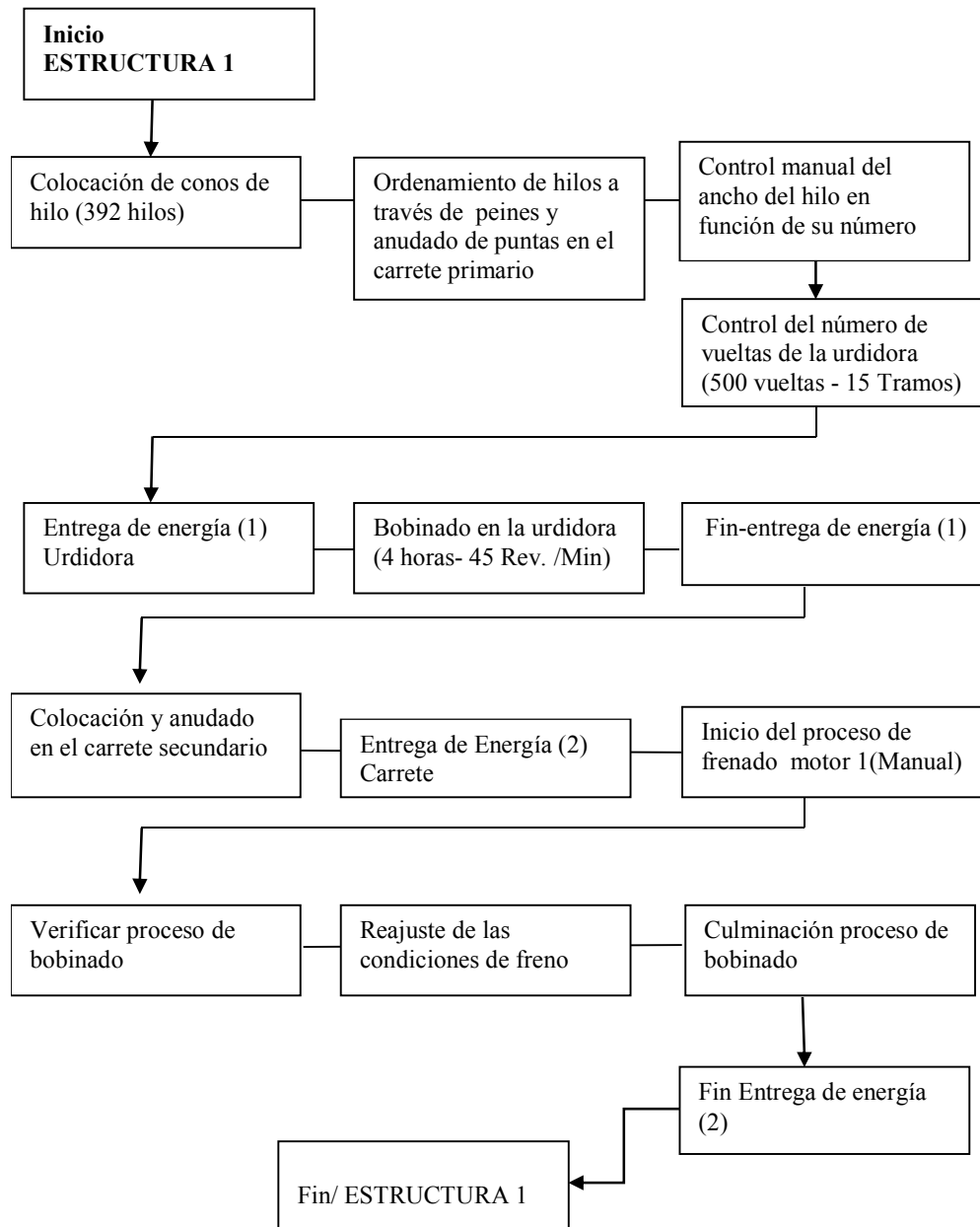


Tabla 3.5 Forma de estructura de funciones 2 (Frenos hidráulicos - neumáticos).

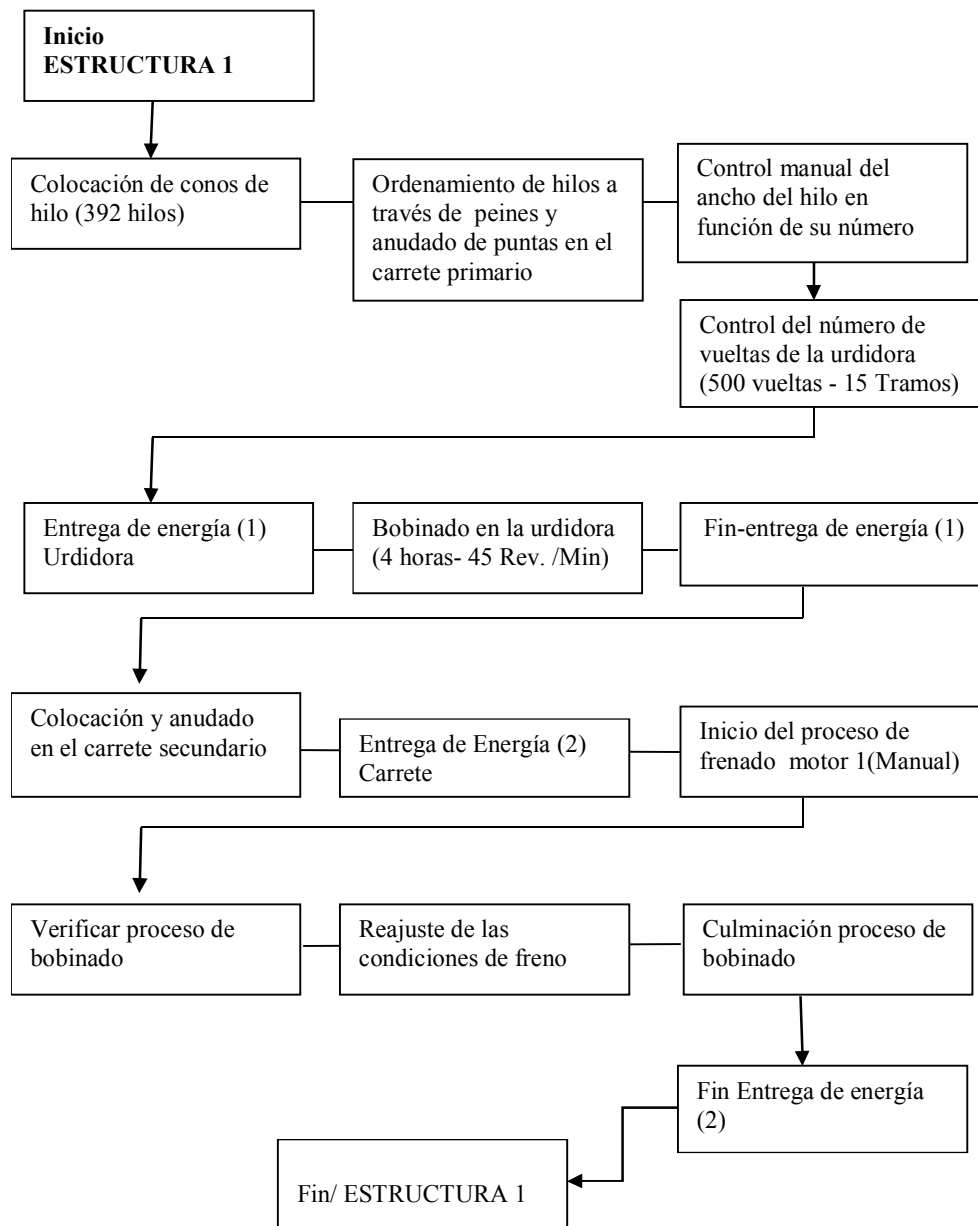


Tabla 3.6 Forma de estructura de funciones 3 (Frenos magnéticos).

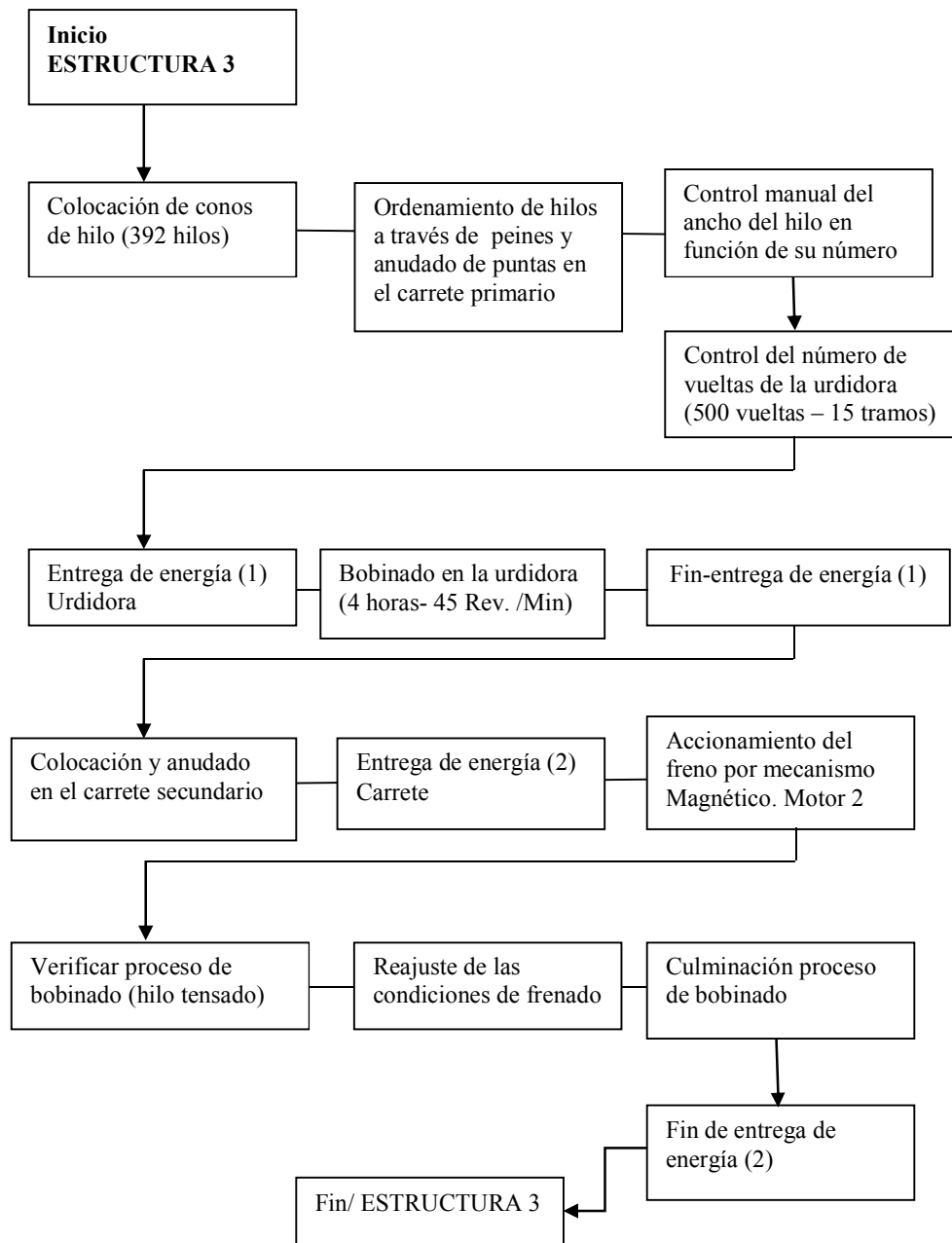
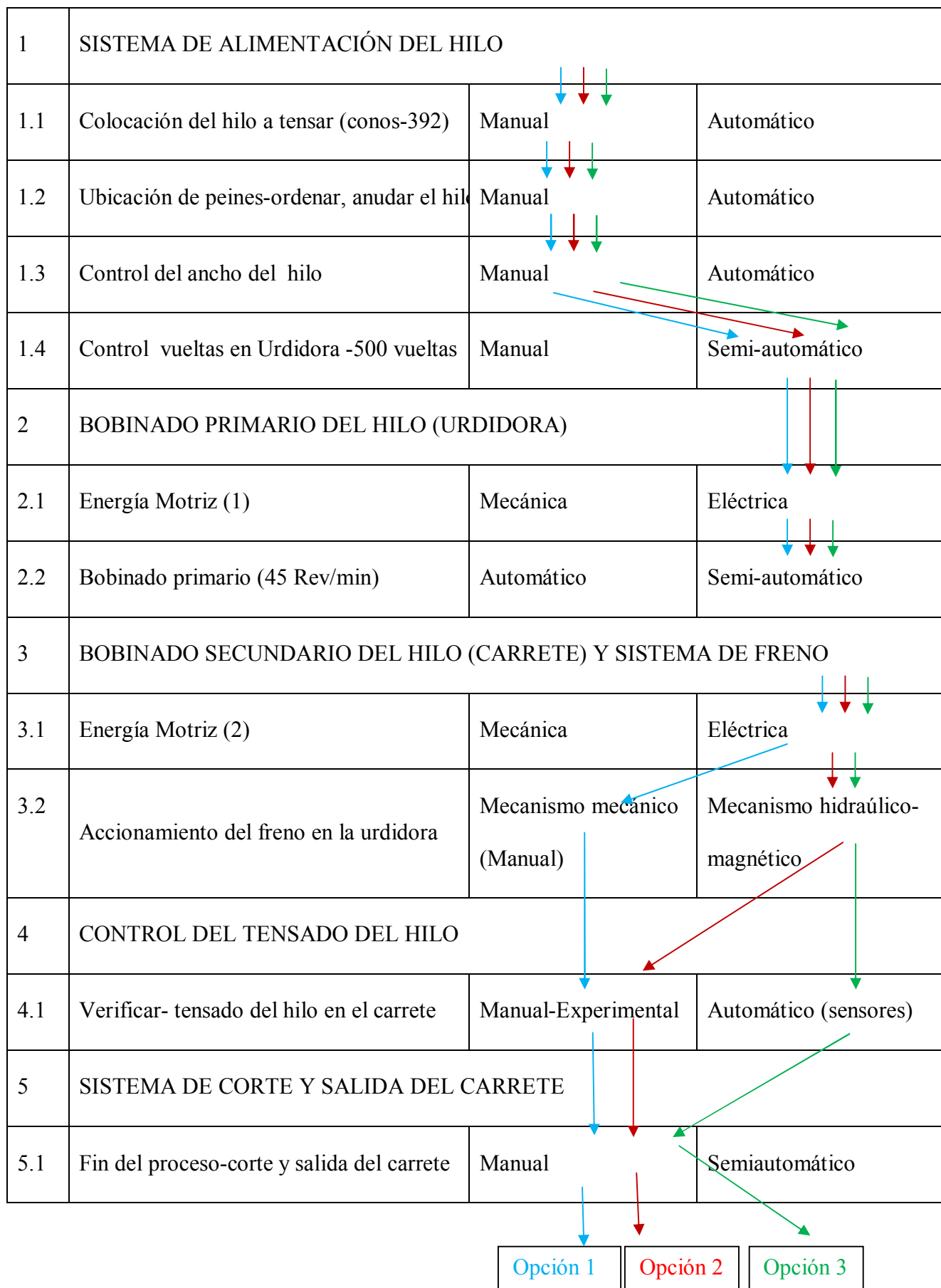


Tabla 3.7 Matriz morfológica.



3.1.5 Evaluación técnico-económica.

Las respuestas planteadas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista técnico y económico.

Se indican diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignara un valor (1 a 5), dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto en mención 1 malo y 5 excelente.

A los puntos de comparación también se les asignara un peso (1 a 3), dependiendo de cuanta trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto, este peso será dominado como factor de influencia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible.

Tabla 3.8 Evaluación económica.

Evaluación económica.						
Puntos de evaluación		Factor de influencia (Fi)	Puntaje (Pi)			
			Opción 1	Opción 2	Opción 3	Proyecto ideal
1	Materiales	3	4	3	4	5
2	Fabricación	3	5	3	3	5
3	Operación	2	4	3	3	5
4	Mantenimiento	2	4	4	4	5
5	Producción	3	4	4	3	5
TOTAL=Σ(Fi*Pi)			55	44	44	65
Coficiente económico=P total / Puntaje ideal			85%	68%	68%	100%

Tabla 3.9 Evaluación técnica.

Evaluación técnica.						
Puntos de evaluación		Factor de influencia (Fi)	Puntaje (Pi)			
			Opción 1	Opción 2	Opción 3	Proyecto ideal
1	Seguridad	3	3	4	4	5
2	Rendimiento	3	5	5	5	5
3	Costo de energía	3	4	2	3	5
4	Facilidad de fabricación	3	4	3	3	5
5	Ergonomía	3	4	4	4	5
6	Accesorios	1	3	2	2	5
7	Facilidad de manejo	3	4	4	4	5
8	Facilidad de montaje	3	3	2	2	5
9	Lubricación	1	3	3	3	5
10	Mantenimiento	3	3	3	3	5
11	Ruido	1	3	2	3	5
TOTAL=Σ(Fi*Pi)			99	88	92	115
Coefficiente económico=P total / Puntaje ideal			86%	76%	80%	100%

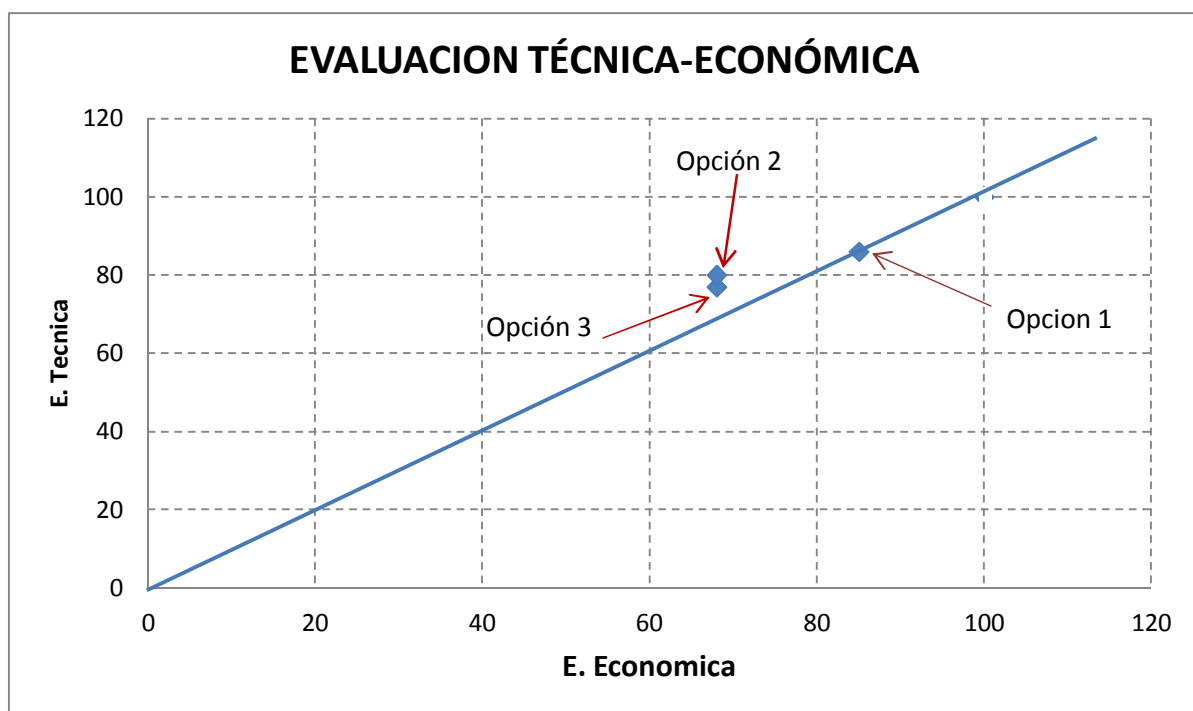


Figura 3.3 Selección de la mejor alternativa.

Como se observa en el gráfico las tres opciones se encuentran muy cercanas a la línea del proyecto ideal, sin embargo la opción 1 mantiene un equilibrio entre los coeficientes además de ser los más apropiados.

Mediante el análisis metodológico realizado la opción 1 se le toma como el proyecto más viable.

3.1.6 Características del sistema a ser diseñado y construido.

Tabla 3.10 Características del sistema de frenado a construirse.

CARACTERÍSTICAS		OBSERVACIONES
Sistema de freno.	De mando manual y transmisión mecánica.	Da mayores facilidades de construcción y montaje que los de transmisión hidráulico y magnético.
Modelo	De cinta	Presta mayor facilidad de diseño.
Tipo de accionamiento.	Mecánico	Apto para el frenado de la urdidora
Mecanismo de freno	Mediante el acople de un tornillo de potencia	Presenta mayor facilidad de construcción.
Materiales a utilizarse (Principales elementos)	Acero AISI 1020. Soldadura. Suela	La mayoría de elementos deben ser resistentes a la acción de cargas y fuerzas de par torsional con características adecuadas para el tipo de trabajo.
Capacidad de freno	T. Freno – Presión máx.	De acuerdo a los requerimientos del equipo

3.1.6.1 Descripción de funcionamiento del sistema

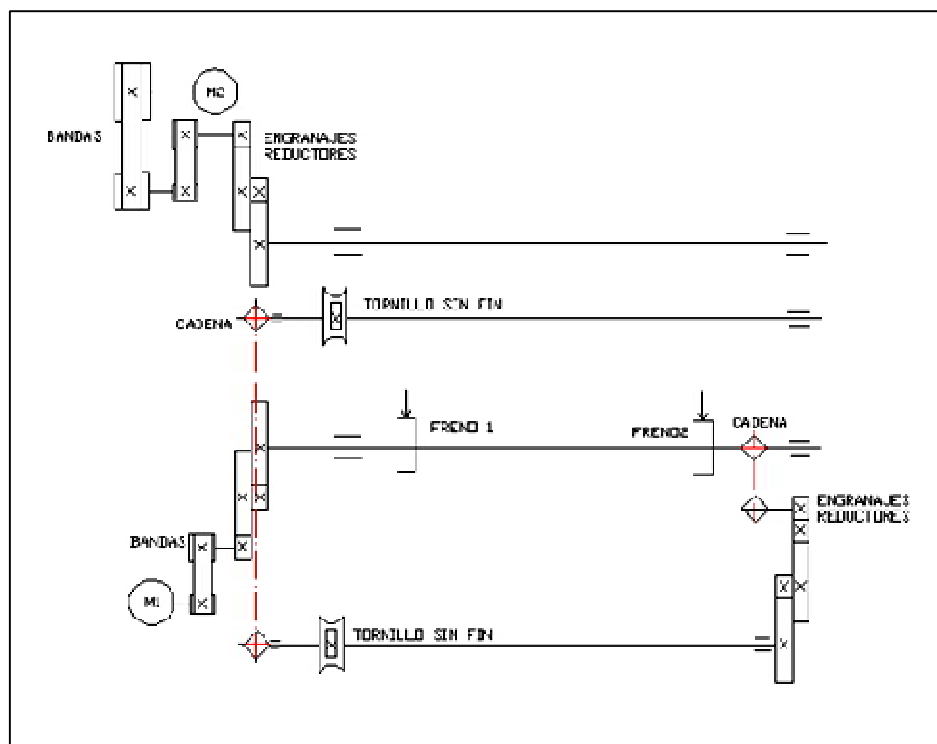


Figura 3.4 Diagrama cinemático.

El urdido se realiza con 392 conos de hilo, los que están intercalados uno a continuación de otro, las puntas de los hilos se distribuyen uniformemente a través de un peine divisor.

El motor 1 (M1) reduce la velocidad de 800 rpm a 30 rpm a través del reductor R1, el eje de dicho motor está conectado mecánicamente al eje del reductor por medio de una banda (B1). El proceso anterior tiene un tiempo de trabajo de 7 horas diarias durante 3 días a la semana.

Una vez urdido, las puntas de los hilos de la bobina primaria, son colocadas en un carrete y por intermedio de un segundo motor (M2) de 1460 rpm reducido a 16 Rpm por el reductor R2, se forma una segunda bobina de hilo; en este proceso el freno (Fc) es accionado para tensar el hilo y la bobina se conforma con hebras de hilo templadas convenientemente, adicionalmente se regula un contador a 500 vueltas y es accionado

por una cadena C1, para formar un bobinado ordenado, listo para colocarlo en el telar plano y realizar el proceso de hilado y conformado del producto final.

3.2 Diseño de elementos mecánicos [9]

3.2.1 Diseño del mecanismo de frenado.

Las expresiones a partir de las que se diseña el freno son:

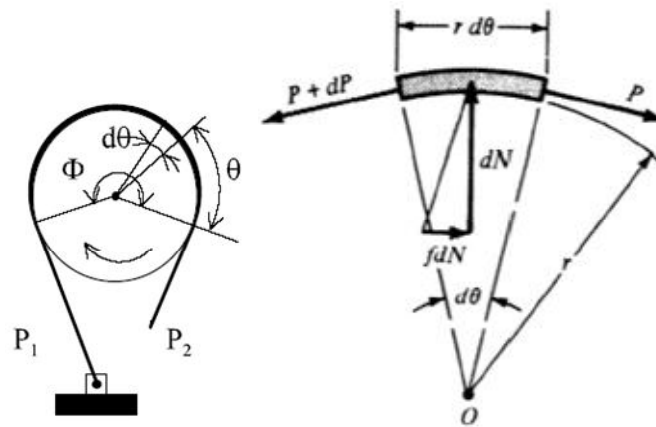


Figura 3.5 Fuerzas en un freno de cinta.

La fuerza en el pasador está dado por:

$$\frac{P_1}{P_2} = e^{f\phi} \quad (43)$$

El par torsional de frenado se evalúa con la siguiente ecuación:

$$T = (P_1 - P_2) \frac{D}{2} \quad (44)$$

La presión máxima p_a está en la punta y su valor es:

$$p_a = \frac{2P_1}{bD} \quad (45)$$

A) Diseño del freno de cinta

La fuerza P_2 debe ser menor a la tensión de rotura del hilo, para el diseño se usa esta fuerza lo que significa que el freno debe operar con una fuerza menor para asegurar que la cinta no sufra fracturas.

Para obtener dicha fuerza se realiza una prueba con un hilo, para lo que se tensa por ambos extremos un hilo y se aplica pesos convenientemente hasta llegar a la rotura, la figura 3.6 muestra el esquema de la prueba:

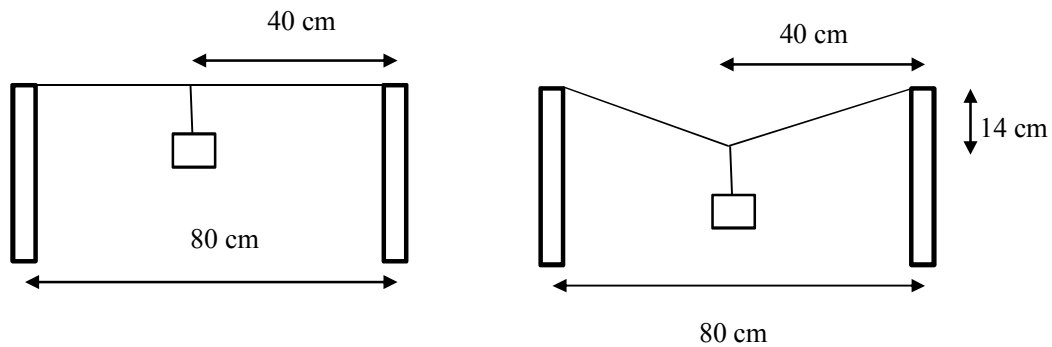


Figura 3.6 Esquema de prueba de rotura del hilo.

En el ensayo la rotura del hilo se produjo con un peso de 40 gramos (0,04 kg)

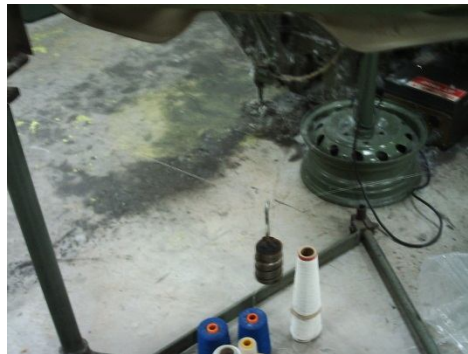


Figura 3.7 Rotura del hilo

El diagrama de fuerzas es el siguiente:

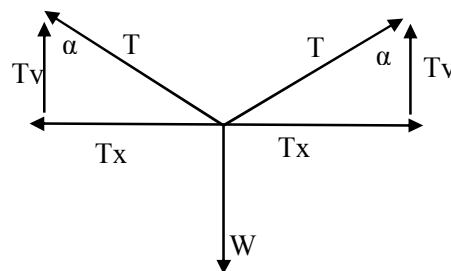


Figura 3.8 Fuerzas en el hilo.

Se realiza sumatoria de fuerzas en Y y se tiene:

$$\sum F_y = 0$$

$$T = \frac{W}{2\cos \alpha} \quad (46)$$

Donde:

$$W = \text{Peso} = 0,004 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s} = 0,0394 \text{ N}$$

$$\alpha = 70,7 \text{ grados.}$$

Reemplazando los valores se tiene que la tensión de ruptura de un hilo es de:

$$T = 0,6 \text{ N}; \text{ Son 392 hilos}$$

$$T = 392 \times 0,6 = 235,2 \text{ N}$$

La fuerza que se obtiene es igual a la fuerza de trabajo P_2 . Con los siguientes datos se calcula la reacción en el pasador, el torque de frenado y la presión máxima de frenado.

Tabla 3.11 Datos para el diseño del freno.

$P_2 = 235,2 \text{ N}$ (Fuerza de trabajo)
$f = 0,30 - 0,50$ (Coeficiente de fricción - Tabla 3.1)
$\phi = 210^\circ = \frac{7}{6}\pi rad$ (Ángulo de contacto)
$r = 0,325 \text{ m}$ (Radio)
$b = 0.065 \text{ m}$ (Ancho de la cinta)

CÁLCULOS :

La reacción en el pasador según la ecuación (43) es:

$$P_1 = e^{f\phi} * P_2$$

$$P_1 = e^{(0.5 \times \frac{7}{6} \pi)} * 235,2 \text{ N} = 1470 \text{ N}$$

El torque de freno se calcula con la ecuación (44) y es igual a:

$$T = (1470 - 235,2) \text{ N} * 0,325 \text{ m} = 401,32 \text{ N} - \text{m}$$

La presión máxima de frenado se obtiene con la ecuación (45) y esta es:

$$p_a = \frac{2 * 1470 \text{ N}}{0,065 * 0,650 \text{ m}^2} = 70 \text{ kPa}$$

El valor de presión que se obtiene esta dentro del rango permisible de la Tabla 3.1

Los resultados obtenidos se registran a continuación:

Tabla 3.12. Cálculos del sistema de freno.

CÁLCULOS DEL FRENO A INSTALAR	
Fuerza de trabajo (P_2)	235,2 N
Reacción en el pasador (P_1)	1470 N
Torque de frenado (T)	401,32 N - m
Presión máxima de freno (p_a)	70 kPa

3.2.2 Diseño del sistema de tornillo de potencia

Para diseñar el tornillo se deben tener en consideración el momento crítico de funcionamiento, éste será cuando el hilo este totalmente bobinado en el eje de la urdidora.

Son 392 conos de hilo con una masa de 6 libras de peso por cono, el peso total es:

$$\text{Peso}_{\text{conos}} = 392 \times (6 \text{ lbs}) = 2352 \text{ lbs} = 1066,85 \text{ Kg}$$

El peso ejerce una fuerza en la urdidora como muestra en el esquema siguiente:

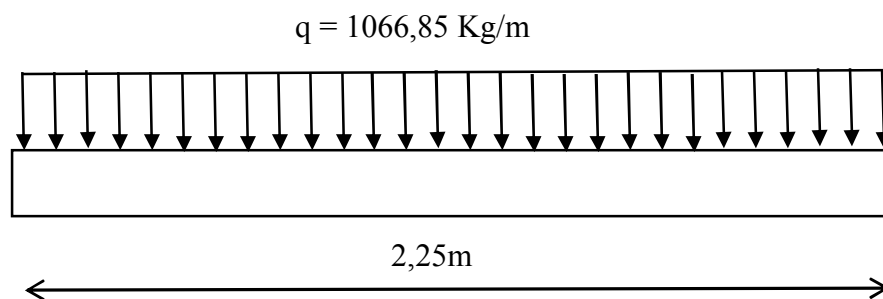


Figura 3.9 Carga distribuida en la urdidora.

Se transforma a carga puntual y se multiplica por la gravedad para obtener la fuerza máxima de frenado, considerando que se frena totalmente en el bobinado primario.

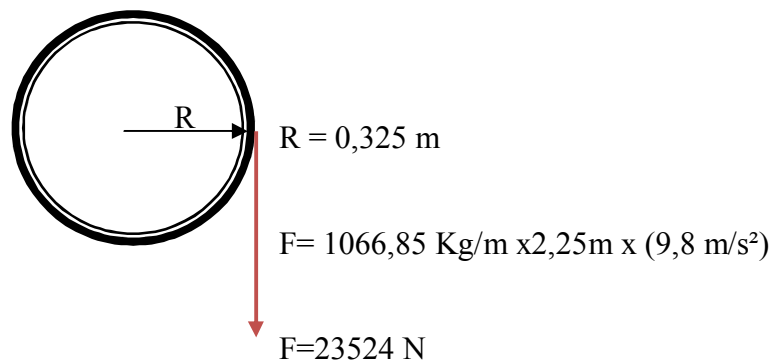


Figura 3.10 Esquema de fuerza en la urdidora.

El tornillo de potencia debe accionar al freno acoplado al eje de la urdidora, para lo que se realiza el cálculo tomando en consideración la siguiente expresión matemática:

$$T = F \frac{dm}{2} \left(\frac{\mu * \pi * dm + l}{\pi * dm - \mu * l} \right) + \frac{F * \mu_c * d_c}{2} \quad (47)$$

Donde:

F= Fuerza

dm = Diámetro medio

l = Avance

$\mu = (\mu_c)$ = Coeficiente de fricción (collarín)

El coeficiente de rozamiento se obtiene de la Tabla 3.13 y es: $\mu = 0,13$

Tabla 3.13 Coeficientes de rozamiento en tornillos de potencia.

Steel screw and bronze or cast-iron nut			Thrust-collar friction		
Conditions	Average coefficient of friction, μ		Materials	Average coefficient of friction, μ_c	
	Starting	Running		Starting	Running
High-grade materials and workmanship and best running conditions . . .	0.14	0.10	Soft steel on cast iron	0.17	0.12
Average quality of materials and workmanship and average running conditions	0.18	0.13	Hardened steel on cast iron	0.15	0.09
Poor workmanship or very slow and infrequent motion with indifferent lubrication or newly machined surfaces	0.21	0.15	Soft steel on bronze	0.10	0.08
			Hardened steel on bronze	0.08	0.06

* After C. W. Ham and D. G. Ryan, An Experimental Investigation of the Friction of Screw Threads, Univ. Illinois Eng. Expt. Sta. Bull. 247, 1932.

La rosca del tornillo es de un solo filete (simple), entonces el paso es igual al avance.

Si: $l = N * p$ y $N=1$

Se tiene que : $l = p$

El collarin tiene un diametro igual al dimatro interno del tornillo y un coeficiente de friccion similar.

$$d_c = d_r \quad y \quad \mu_c = 0,13$$

Para realizar el cálculo del diseño se tienen los siguientes datos

Tabla 3.14 Datos para el cálculo del tornilo de potencia.

$F = 23524 \text{ N}$ (Fuerza axial aplicada en el área de la rosca)
$\mu = \mu_c = 0,13$ (Coeficiente de fricción - Tabla 3.13)
$N=1$ (Numero de entradas)
$l = \text{Avance} = \text{paso}$
$d_c = d_r$ (Diámetro del collarín)

CÁLCULOS :

La expresión matemática del momento requerido para accionar el tornillo en función del diámetro medio y las consideraciones de diseño es :

$$T = 23524 \text{ N} \frac{dm}{2} \left(\frac{0.13 * \pi * dm + p}{\pi * dm - 0.13 * p} \right) + \frac{F * 0,13 * d_r}{2}$$

La eficiencia del tornillo se encuentra con la siguiente expresión:

$$e = \frac{F * p}{2 * \pi * T} \quad (48)$$

La condición de auto-aseguramiento se evalúa con la siguiente ecuación:

$$\pi \mu d_m > p \quad (49)$$

Para encontrar los valores constructivos del tornillo se realiza un análisis de eficiencia (adecuada), de auto-aseguramiento, y de facilidad de construcción, para lo que se estiman valores a partir de tornillos estandarizados (Tabla 3.12), hasta obtener el idóneo para nuestra aplicación.

Tabla 3.15 Características de roscas.

DESIGNACIÓN DE TAMAÑO	DIÁMETRO MAYOR NOMINAL in	SERIE BASTA-UNC			SERIE FINA-UNF		
		HILOS POR PULGADA <i>N</i>	ÁREA DE ESFUERZO DE TENSIÓN, <i>A_t</i> , in ²	ÁREA AL DIÁMETRO MENOR, <i>A_r</i> , in ²	HILOS POR PULGADA <i>N</i>	ÁREA DE ESFUERZO DE TENSIÓN, <i>A_t</i> , in ²	ÁREA AL DIÁMETRO MENOR, <i>A_r</i> , in ²
0	0.0600		$\frac{1}{16}$		80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{3}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{1}{2}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{3}{4}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{7}{8}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{1}{2}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{4}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

*Las ecuaciones y datos utilizados para desarrollar esta tabla se han obtenido de ANSI B1.1-1974. El diámetro menor se determinó con la ecuación $d_f = d - 1.299\,038\,p$, y el diámetro de paso, a partir de $d_m = d - 0.649\,519\,p$. La media del diámetro de paso y del diámetro menor se utilizaron para calcular el área de esfuerzo de tensión.

La figura muestra el esquema del tipo de rosca a construirse.

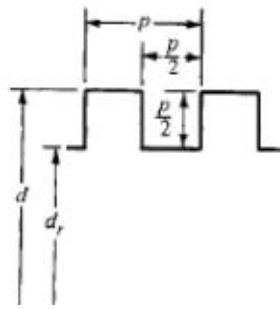


Figura 3.11 Esquema de rosca cuadrada.

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos:

Tabla 3.16 Parámetros de diseño del tornillo de potencia.

PARÁMETROS DE DISEÑO	OPCIONES DE DISEÑO					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5	Opción 6
Diámetro mayor (d)-mm	24.94	31.19	37.45	27.4	27.9	27.2
Diámetro medio (dm)-mm	23.34	29.39	35.35	25.4	25.4	24.7
Diámetro menor (dr=dc)-mm	21.74	27.59	33.25	23.4	22.9	22.2
Paso (mm)	3.2	3.6	4.2	4	5	5
Torque (N-m)	81,18	103,95	120,96	89,94	93,04	90,90
Auto-Asegurante	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Eficiencia (%)	15	13	13	17	20	20

Con las dimensiones que se obtienen se diseña el tornillo considerando la torsión y la compresión al que está sometido.

➤ **Diseño a torsión:**

$$\tau = \frac{16T}{\pi d_m^3} = \frac{16 * 90,90 \text{ N} - \text{m}}{\pi * (0,0247)^3 \text{ m}^3} = 30,72 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad (50)$$

➤ **Diseño a compresión:**

$$\sigma = \frac{4F}{\pi d_m^2} = \frac{4 * 23524 \text{ N}}{\pi * (0,0247)^2 \text{ m}^2} = 49,09 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad (51)$$

El material a construir el tornillo de potencia es AISI 1020 HR con un $S_y=210 \text{ MPa}$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_a^2 + 4\tau_{xy}^2} = \frac{S_y}{n} \quad (52)$$

Se reemplaza valores y se despeja el factor de seguridad y se tiene:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{30,72^2 + 4 * 49,09^2} = \frac{210}{n}$$

El factor de seguridad es de: $n=2,5$ que es aceptable.

➤ Diseño de la tuerca

• Diseño a cizalladura:

$$\tau = \frac{2F}{\pi d_e H} = \frac{S_y}{n} \quad (53)$$

$$\frac{2 * 23524 \text{ N} - m}{\pi * (0,0272)(0,03)m^2} = 18,35 \frac{MN}{m^2}$$

$$\tau = \frac{S_y}{n} = \frac{210 \text{ MPa}}{n} = 18,35 \frac{MN}{m^2}$$

Se considera “de” al diámetro mayor del tornillo y H a la altura del diente.

Del cálculo anterior se obtiene un valor del factor de seguridad de: $n= 11,5$ que es un factor apropiado porque los primeros filetes soportan hasta el 90% de la carga total.

• Diseño a aplastamiento:

$$\sigma = \frac{4pF}{\pi(d_e^2 - d_m^2)H} = \frac{S_y}{n} \quad (54)$$

$$\sigma = \frac{4 * 0,005 * 23524 N - m}{\pi * (0,0272^2 - 0,0247^2)(0,03)m^3} = 38,27 \frac{MN}{m^2}$$

$$\sigma = \frac{210 MPa}{n} = 38,27 \frac{MN}{m^2}$$

n= 5,5 que es un factor apropiado para el diseño de la tuerca.

• **Diseño a flexión:**

$$\sigma_f = \frac{6F}{\pi d_m H} = \frac{S_y}{n} \quad (55)$$

$$\sigma_f = \frac{6 * 23524 N - m}{\pi * (0,0247)(0,03)m^2} = 60,74 \frac{MN}{m^2}$$

$$\sigma_f = \frac{210 MPa}{n} = 60,74 \frac{MN}{m^2}$$

n= 3,5 que es un factor apropiado para el diseño de la tuerca.

Tabla 3.17 Resultados del cálculo del diseño del tornillo de potencia.

RESULTADOS DEL DISEÑO DEL TORNILLO DE POTENCIA				
PARÁMETROS DE DISEÑO		ESFUERZOS EN TORNILLO (Mpa)		n
Diámetro mayor (d)-mm	27.2	Torsión	30.72	2,5
Diámetro medio (dm)-mm	24.7	Compresión	49.09	
Diámetro menor (dr=dc)-mm	22.2	σ_{eq}	102.87	
Paso (mm)	5	ESFUERZOS EN LA TUERCA (MPa)		n
Torque (N-m)	90.9	Cizalladura	18.35	11.5
Auto-Asegurante	SI	Aplastamiento	38.27	5.5
Eficiencia (%)	20	Flexión	60.74	3.5

3.3 Tecnología de construcción del mecanismo de freno

3.3.1 Partes constitutivas.

Las partes constitutivas del sistema de freno se eligen de acuerdo a las características mecánicas de durabilidad y se toma en cuenta que resista la fricción a la que el mecanismo está sometido. En la tabla 3.18 se detalla las partes constitutivas del sistema de freno.

Tabla 3.18 Partes constitutivas.

Partes del Sistema de Freno	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Mando	Volante de mando	1	Acero AISI 1020
	Perno de sujeción	1	1/4 x 2 in

Partes del Sistema de Freno	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Sistema de transmisión	Bancada	1	Acero
	Tornillo de potencia	1	Acero AISI 1020
	Tuerca	1	Acero AISI 1020
	Collarín	1	Acero AISI 1020
	Mecanismo de guías	2	Acero AISI 1020
	Rodamientos	4	Acero AISI 1020
	Pernos guías	4	9/16 X 2 ½ in
	Platina de sujeción	1	Acero 25 X 5 X 0.5 cm
	Pernos de sujeción	2	9/16 X 2 ½ in

Partes del Sistema de Freno	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Freno	Cinta	1	Cuero-Suela
	Pasador	1	5/8 X 1 in

3.3.2 Operaciones tecnológicas de construcción

Para detallar las operaciones que se realizaron durante el proceso de construcción se debe recalcar que el mecanismo de freno instalado se divide en:

- Sistema de mando
- Sistema de transmisión
- Freno

Las principales operaciones tecnológicas que son necesarias para la construcción del freno de cinta con accionamiento por medio de un tornillo de potencia se detallan enseguida:

Tabla 3.19 Operaciones tecnológicas ejecutadas en la construcción del mecanismo de freno.

Sistema	Elemento	n°	Operación Tecnológica	Tiempo(min)
Mando	Volante de mando	1	Trazado	20
		2	Torneado (1 in)	30
		3	Limpieza de escoria	10
		4	Pulido	15
		5	Taladrado (Broca 1/4 in)	20
		6	Limpieza de escoria	10
		7	Pulido	5
		8	Pintado	20
	Perno de sujeción	9	Trazado	5
		10	Corte (Arco y Sierra)	5
		11	Acoplamiento	5

Sistema	Elemento	n°	Operación Tecnológica	Tiempo(min)
Sistema de Transmisión	Bancada	12	Trazado	10
		13	Corte (Autógena)	20
		14	Pulido	10
		15	Soldadura	30
		16	Pulido	10
		17	Taladrado (Broca 5/8)	10
		18	Pintado	10
		19	Acoplamiento	20
	Tornillo de potencia	20	Toma de medidas	2
		21	Corte (Arco y Sierra)	20
		22	Refrentado	10
		23	Roscado	60
	Tuerca	24	Toma de medidas	5
		25	Roscado	20
		26	Soldadura	20
		27	Taladrado (Broca 1/4 in)	15
		28	Pulido	10
		29	Pintado	5
	Collarín	30	Trazado	5
		31	Corte (Arco y Sierra)	5
		32	Refrentado	10
		33	Taladrado (Broca 1/4)	10
		34	Soldadura	20
		35	Pulido	10
		36	Pintado	5

Sistema	Elemento	n°	Operación Tecnológica	Tiempo(min)
Sistema de transmisión	Mecanismo de guías	37	Trazado	5
		38	Corte (Arco y Sierra)	20
		39	Refrentado de guías	120
		40	Soldadura	30
		41	Pulido	10
		42	Pintado	5
		43	Acoplamiento	30
	Rodamientos	44	Selección	60
	Pernos guía	45	Trazado	10
		46	Taladrado (Broca 9/16 in)	30
		47	Soldadura	10
		48	Pulido	5
		49	Pintado	5
	Platina de sujeción	50	Trazado	10
		51	Corte (Arco y Sierra)	20
		52	Pulido	5
		53	Remachado	5
		54	Pintado	5
	Pernos de sujeción	55	Trazado	5
		56	Taladrado	10
		57	Acoplamiento	10

Sistema	Elemento	n°	Operación Tecnológica	Tiempo(min)
Freno	Cinta	58	Trazado	10
		59	Corte	20
		60	Remachado	15
	Pasador	61	Medidas	5
		62	Corte (Arco y sierra)	10
		63	Acoplamiento	5

Los tiempos muertos producidos durante el proceso de construcción se han omitido, pues atrasan y causan demora en la construcción e instalación del sistema de freno.

3.3.3 Herramientas

En el proceso de rediseño, construcción y montaje del freno en la urdidora se debe contar con los elementos y equipos adecuados ya que algunos elementos requieren de precisión, las herramientas y equipos necesarios son los siguientes:

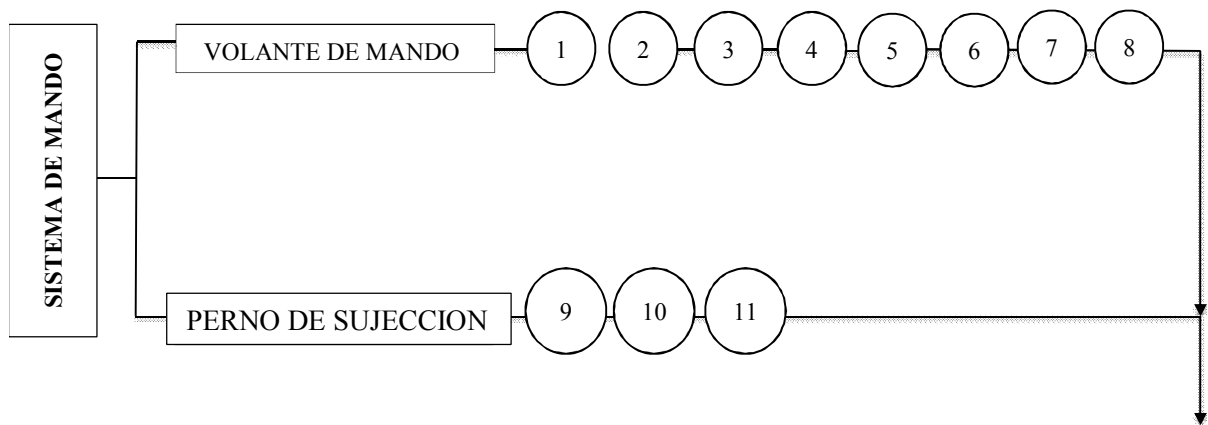
Tabla 3.20 Máquinas herramientas y equipo utilizado.

Código	Equipo
MH1	Torno.
MH2	Fresadora.
MH3	Soldadora de arco eléctrico
MH4	Taladro de pedestal.
MH5	Taladro de mano.
MH6	Esmeril.
MH7	Amoladora.
MH8	Pulidora.
MH9	Entenalla.
MH10	Arco de sierra.
MH11	Calibrador pie de rey.
MH12	Remachadora
MH13	Oxi-Corte
MH14	Brocas y machuelos
MH15	Martillos, juego de llaves playos, destornilladores, flexómetros, escuadra, nivel, etc.

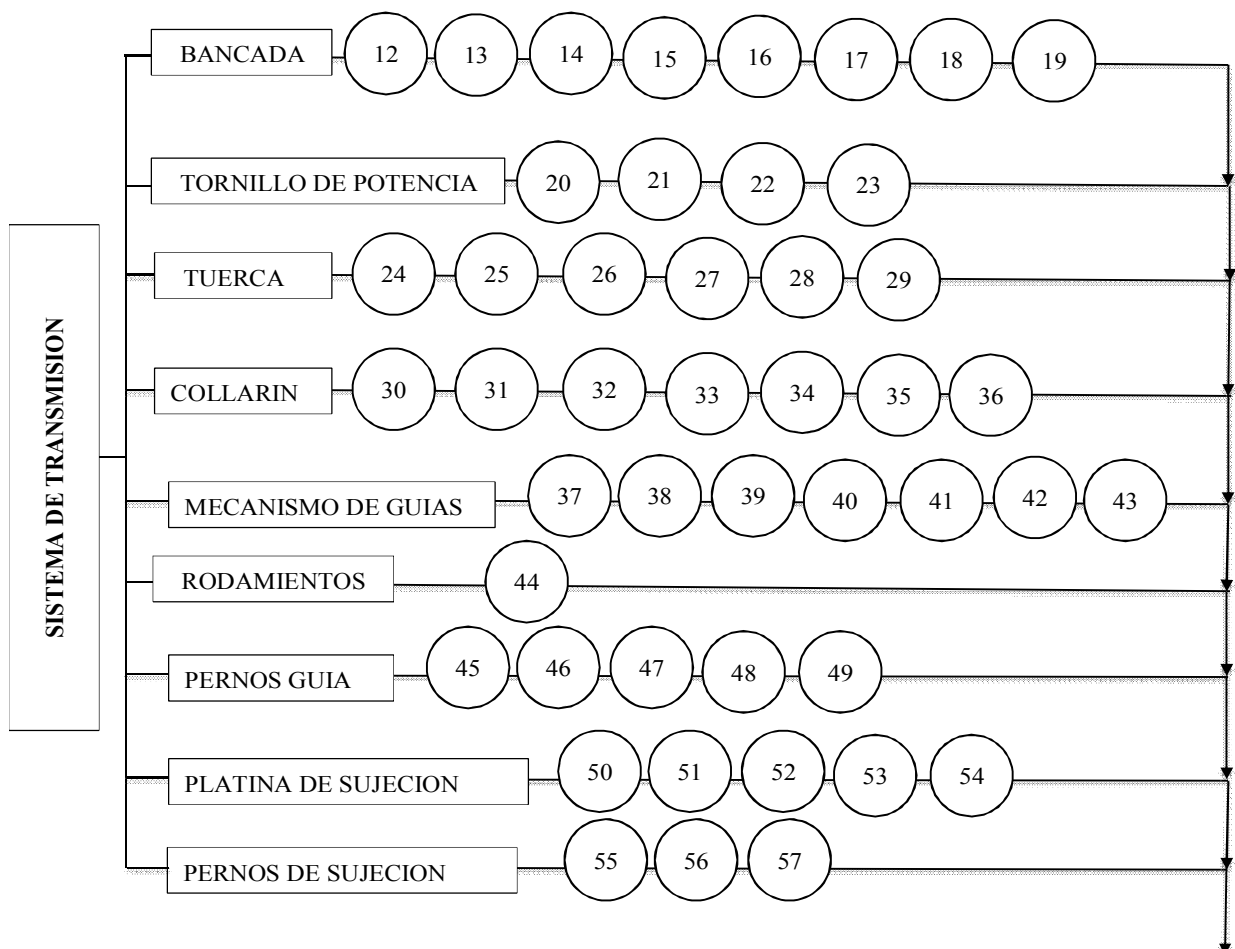
3.3.4 Cursograma sinóptico de la construcción

El sistema de frenado debe seguir un orden de construcción las figuras siguientes indican este punto.

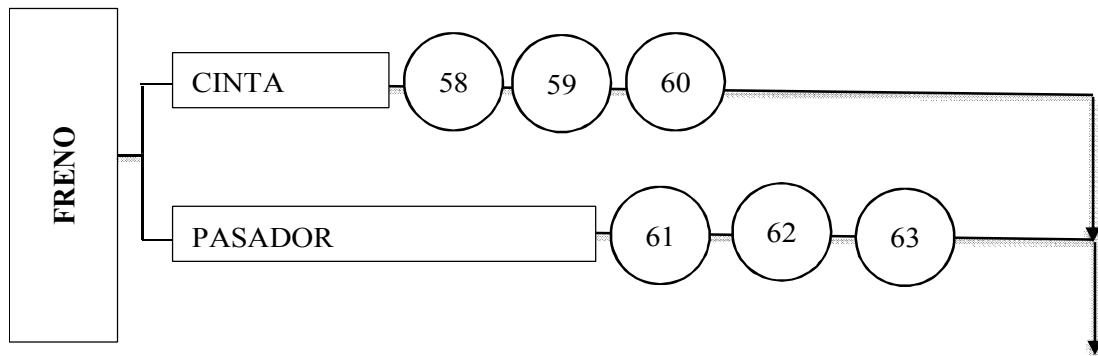
A) Sistema de mando



B) Sistema de transmisión



C) Sistema de freno



3.3.5 Instalación y montaje

Para la instalación y montaje del freno en primera instancia se determina el lugar más idóneo para la ubicación del mismo para lo que se toma en cuenta las siguientes consideraciones:

- Debe instalarse en un lugar de fácil acceso y ergonómicamente funcionable.
- No debe presentar obstáculos para la instalación y las operaciones que ellas comprenden (Soldadura, maquinados, etc.).
- No debe modificar el funcionamiento normal de la máquina, ni necesitar cambiar uno o varias partes del equipo.

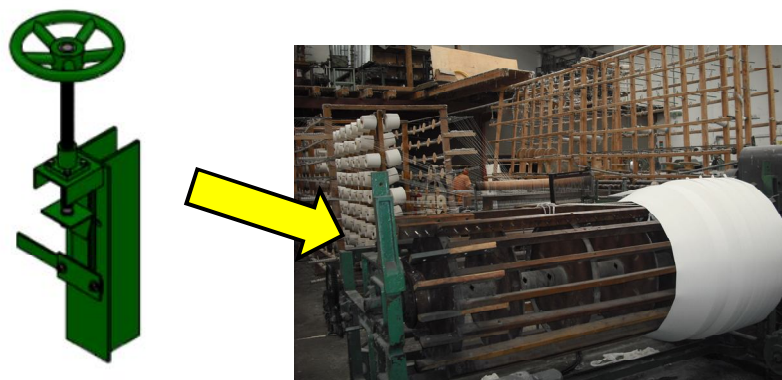


Figura 3.12 Lugar de instalación.

3.3.5.1 Procedimiento:

- Se coloca la bancada con pernos de sujeción, para lo que se verifica que no tenga inclinación la bancada con respecto a la base de sujeción.

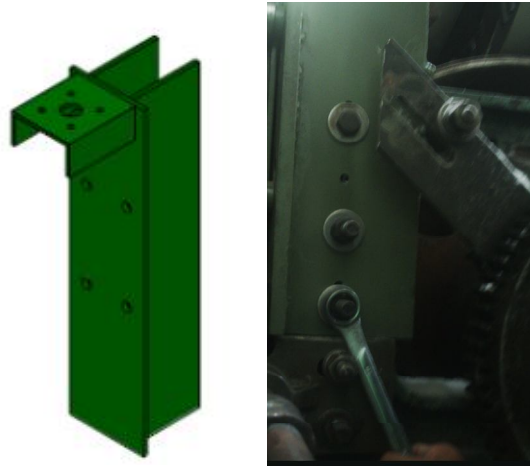


Figura 3.13 Instalación de la bancada.

- Sobre la bancada se sujeta la corredera (guías) por medio de cuatro rodillos fijos a la bancada, también se acopla la placa guía que proporciona la fuerza de frenado al estirar la cinta.

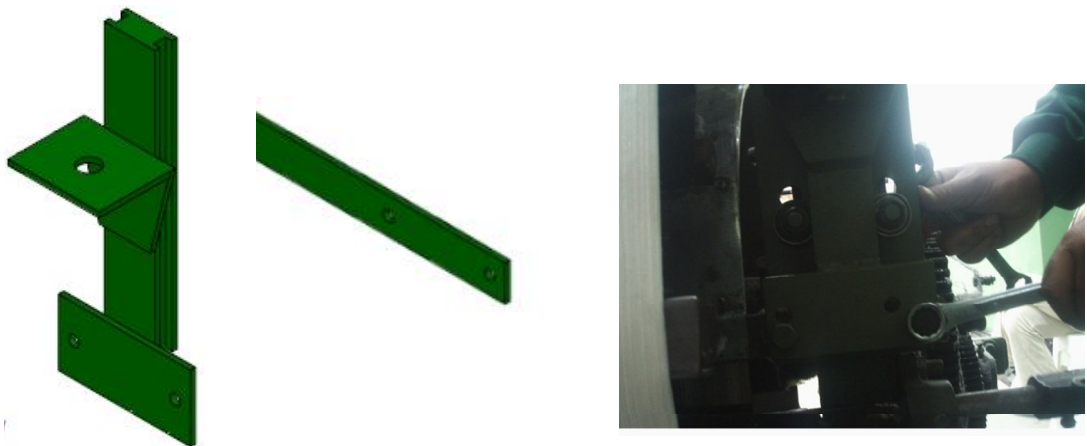


Figura 3.14 Instalación de la corredera y placa guía.

- Se coloca el tornillo de potencia, en sus extremos el volante de mando y a la corredera, como se muestra en la Figura 3.15.

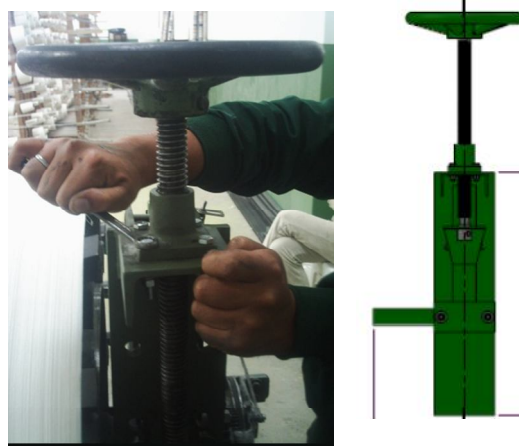


Figura 3.15 Instalación del tornillo de potencia.

- Una vez ajustado todos los elementos se realizan varias pruebas de funcionamiento con el fin de verificar que el freno tenga las características de operatividad necesarias para el trabajo.

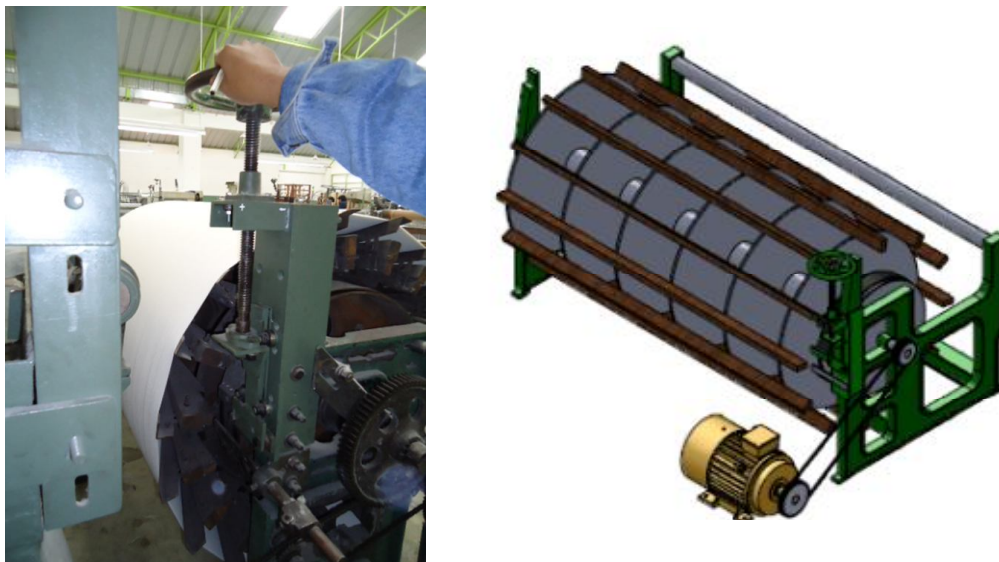


Figura 3.16 Funcionamiento del equipo.

3.4 Análisis tribológico del telar plano

3.4.1 Introducción

El telar plano está conformado por varios mecanismos los mismos que abarca el estudio de la tribología ya que en los sistemas en movimiento (pares tribológicos) que se encuentran en contacto mutuo generan fricción y desgaste.



Figura 3.17 Telar plano.

3.4.2 Especificaciones del equipo

El telar plano tiene las siguientes especificaciones:

Tabla 3.21 Especificaciones del telar plano

Especificaciones del equipo	
Marca	Jacquard
Tipo	Pinzas
Potencia	3hp
Velocidad	1750 RPM

3.4.2.1 Disponibilidad de equipo para ensayos

Los ensayos de dureza se realizan en el laboratorio de materiales de la ESPOCH de Riobamba, y en un taller particular.

La tabla 3.22 muestra los equipos que se usaron para el ensayo y su disponibilidad.

Tabla 3.22 Disponibilidad de equipos para estudio tribológico.

Disponibilidad de equipos		
Equipo	ESPOCH	Particular
Durómetro	•	
Microscopio	•	
Computador	•	•
Probetas		•
Balanza Digital		•
Torno		•

3.4.3 Descripción del problema

El continuo trabajo al que se encuentra sometido el telar plano, genera fricción y desgaste en los bujes del eje principal (par tribológico); lo que ocasiona que el tejido tenga defectos en su fabricación debido a la descalibración de las pinzas que forman la trama, y el continuo cambio de los bujes que elevan los costos de mantenimiento.

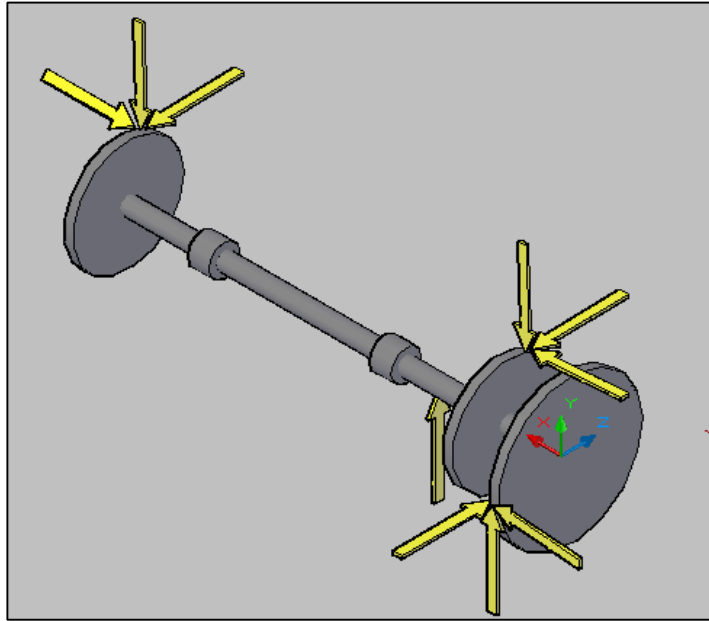


Figura 3.18 Esquema cinemático del par tribológico.

3.4.3.1 Justificación

El producto final requiere de un proceso adecuado y de calidad, donde las paras innecesarias y el mantenimiento continuo no programado sea teóricamente nulo; razón por lo que es necesario solucionar el problema existente mediante un estudio en el par tribológico del telar plano, que permita no tener retrasos de producción y pérdidas económicas.

3.4.3.2 Metodología para el estudio del par tribológico

- Realizar una intervención técnica al sistema: Telar plano, con la finalidad de cuantificar las pérdidas energéticas que por fricción se produce en el par tribológico; siguiendo una metodología de trabajo que permita establecer con gran acierto las causas de pérdidas energéticas y sus posibles soluciones.
- Definir el régimen de lubricación en que opera el par tribológico del telar plano.

- Definir los parámetros que permitan identificar plenamente al sistema tribotécnico en estudio: Descripción estructural, propiedades del par, condiciones de trabajo y comportamiento friccional.
- Describir el funcionamiento de cojinetes lubricados en forma hidrodinámica mediante película completa, determinando el espesor mínimo de la película y el rendimiento resultante de la fricción en los pares tribológicos del sistema.

3.4.4 Cálculo energético por pérdidas de fricción en el sistema tribotécnico:

Telar plano (Empresa “Textiles Técnicos”)

En el sistema tribotécnico: Telar plano, tema del presente se encuentra pares tribológicos o uniones de rozamiento en los apoyos de la bancada del telar plano y que tienen la función de transmitir energía y/o movimiento.

Con la información obtenida en la empresa textiles técnicos, se va a determinar las pérdidas energéticas debido a la fricción en las uniones mecánicas del sistema del telar plano para lo cual se observó su funcionamiento, se revisó planos y catálogos así como criterios técnicos del personal de mantenimiento.

Tabla 3.23 Datos para cálculos convencionales.

$E_1 = 207 \text{ GPa}$ (Módulo de elasticidad del acero)
$E_2 = 116 \text{ GPa}$ (Módulo de elasticidad del bronce)
$r_1 = 0.025 \text{ m}$ (Radio del eje)
$r_2 = 0,026 \text{ m}$ (Radio del buje)
$\mu_1 = 0.16$ (Coeficiente de fricción del acero) Anexo A9
$\mu_2 = 0.15$ (Coeficiente de fricción del bronce) Anexo A9
$HB_1 = 1911 \text{ MPa}$ (Dureza del acero)
$HB_2 = 637 \text{ MPa}$ (Dureza del broce)
$Ra_1 = 0.5 \mu\text{m}$ (Rugosidad) Tabla 3.20
$Ra_2 = 0.5 \mu\text{m}$ (Rugosidad) Tabla 3.20
$b = 0.075 \text{ m}$ (Longitud del buje)
$F_n = 580 \text{ lb} = 2583.6 \text{ N}$ (Carga normal en el cojinete)

Para realizar nuestro análisis se determina el método de elaboración de rectificado cilíndrico que es el que se encuentra en el eje de la máquina.

El cálculo de la carga normal se realiza en el análisis de fuerzas en la bancada.

Tabla 3.24 Datos de acabado superficial para cálculos convencionales.

GRADO DE ACABADO	Rmax μm	Ra μm	R μm
0.8	3.0	0.5	12

A) Contacto microgeométrico

- Cálculo del área nominal de contacto (eje-buje)

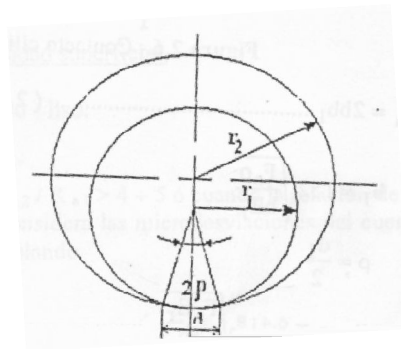


Figura 3.19 Superficies cilíndricas interiores.

$$P_n = F_n / A_n$$

Donde:

A_n : Área nominal

F_n : Carga nominal

Factores de desgaste ($m, n, n_0, c, C_0, \gamma, \alpha, \rho$)

$$m_1 = 0.08 - 0.06 \lg (E_2 / E_1) = 0.096$$

$$m_2 = 0.20 + 0.21 \lg (E_2 / E_1) = 0.14$$

$$n_0 = 904 * 10^{-6} \left(\frac{E_2}{E_1} \right)^3 + 0.014 \left(\frac{E_2}{E_1} \right)^2 - 0.062 \left(\frac{E_2}{E_1} \right) + 0.55 = 0.52$$

$$n = m_1 \mu_1 + m_2 \mu_2 + n_0 = 0.55$$

$$C_0 = \left(\frac{4}{\pi} \right) (1 - \mu_1^2) + (1 - \mu_2^2) = 2.2$$

$$C = 0.37 \left(\frac{C_0 + 0.17}{0.17} \right)^n = 1.99$$

$$Pp = \frac{Fn}{2r_2 b} = 662.46 \text{ KPa}$$

$$\gamma = \frac{(r_2 - r_1)}{r_1} = 0.04$$

$$\alpha = \frac{Pp}{E_2 \gamma} = 0.14$$

$$\rho = C \left(\frac{\alpha}{\alpha + 1} \right)^n = 0.6$$

Tabla 3.25 Factores de desgaste.

m_1	m_2	n	n_0	C	C_0	γ	α	ρ
0.096	0.14	0.6	0.52	2.01	1.99	0.04	0.14	0.6

$$d = 2r\rho = 0.031 \text{ m}$$

$$An = db = 0.031 * 0.075 = 0.023 \text{ m}^2$$

$$Pn = \frac{Fn}{An} = 1.1 \text{ MPa}$$

B) Contacto micro geométrico

➤ Según la rugosidad superficial

Contacto Rugoso – Liso

$$\frac{Ra_2}{Ra_1} < 4 \quad 1 < 4$$

$$\frac{HB_2}{HB_1} < 2 \quad 0.3 < 2$$

$$\frac{Rq_2}{Rq_1} < 10 \quad 0.62 < 10$$

Según el estado tensional $0.16 < Ra < 2.5\mu m$ $0.16 < 0.5 < 2.5\mu m$

De la relación anterior se determina que el tipo de contacto para nuestro estudio es plástico.

➤ Micro corte

Para el análisis en el par tribológico se verifica que índice de plasticidad cumple con el requerimiento siguiente:

Si $\phi > 1.0$ deformación plástica.

Bronce:

$Rq = 1.25Ra$ (rugosidad)

$Rq = 0.65\mu m$

ϕ : índice de plasticidad

$$E^* = \frac{E_1}{(1 - \mu_1^2)} + \frac{E_2}{(1 - \mu_2^2)} = 331 \text{ GPa}$$

$$\phi = \left(\frac{E^*}{HB} \right) \left(\frac{Rq}{r} \right)^{0.5} = 118.58$$

$$\phi = 118.58 > 1$$

C) Cálculo del número de asperezas

$$Na = \frac{0.04An}{rRa} = 1.5 * 10^{-4}$$

D) Cálculo del área real de presión

$$A_{rp} = 2 \frac{F_n}{HB} = 8.1 * 10^{-6} \text{m}^2$$

E) Cálculo del número de puntos en contacto

$$N_{cp} = 1.5 * 10^4 \xi \left(\frac{Pa}{HB} \right)^{0.91}$$

Donde:

$$E_{eq} = \frac{E_1}{(1 - \mu_1^2)} + \frac{E_2}{(1 - \mu_2^2)} = 331 \text{ GPa}$$

$$\xi = \frac{0.565}{\left(\frac{Na}{An} \right)^{0.5} Ra \left(\frac{E_{eq}}{HB} \right)} = 0.085$$

$$Pa = \frac{Pn}{0.0045 E_{eq} \left(\frac{Ra}{R} \right)^{0.5}} = 0.036$$

Tabla 3.26 Factores de cálculo del punto de contacto.

F_n	E_{eq}	ξ	Pa	HB
2583.6 N	331 GPa	0.085	0.036 Pa	637 MPa

$$N_{cp} = 1.5 * 10^4 \xi \left(\frac{Pa}{HB} \right)^{0.91} = 0.17$$

F) Cálculo del coeficiente de fricción seca

$$f = \frac{T_0}{HB} + \beta + 0.476 \frac{R_{max}}{R}^{0.5} \frac{Pc}{HB}$$

DATOS

$$HB=637 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0.06$$

$$R_{max}=6Ra=3\mu m$$

$$S_y=214 \text{ MPa}$$

$$P_n=1.1 \text{ MPa}$$

$$E_{eq}=331 \text{ GPa}$$

$$P_c = S_y(P_n/P_y)^{P_n/P_y} = 208 \text{ MPa}$$

$$P_c > 5 * 10^{-3} E^* \left(\frac{R_{max}}{R} \right)^{0.5}$$

$$5 * 10^{-3} E^* \left(\frac{R_{max}}{R} \right)^{0.5} = 0.81 \text{ GPa}$$

$$P_c < 0.81 \text{ GPa} \text{ contacto plástico no saturado}$$

$$T_{max} = 0.57 S_y = 121.98 \text{ MPa}$$

$$T_0 = 0.7 T_{max} = 85.38 \text{ MPa}$$

El coeficiente de fricción seco es:

$$f = \frac{T_0}{HB} + \beta + 0.476 \frac{R_{max}^{0.5}}{R} \frac{P_c}{HB} = 0.38$$

G) Espesor de la película hidrodinámica

$$h_{min} = 0.52 \frac{\mu_0 V \epsilon}{q_z} \frac{d}{\psi \left(\frac{d}{l} + 1 \right)}$$

Donde:

- Variación de la viscosidad con la temperatura

$$v_t = v_{40} \left(\frac{40}{t} \right)^{2.8}$$

$$v_{40} = 15 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ Anexo A9 grado ISO V.G 15}$$

Temperatura de trabajo: 50°C

$$v_{50} = v_{40} \left(\frac{40}{t} \right)^{2.8} = 17.32 \text{ mm}^2/\text{s}$$

- **Variación de la densidad con la temperatura**

$$\rho = \rho_{20} - \xi(t - 20)$$

Tabla 3.27 Variación de la densidad con la temperatura.

ρ_{20}	ξ
0.90-0.96	$7.73 \cdot 10^{-4}$
0.87-0.88	$6.60 \cdot 10^{-4}$
0.88-0.89	$6.47 \cdot 10^{-4}$
0.89-0.90	$6.33 \cdot 10^{-4}$

$$\rho_{50} = \rho_{20} - \xi(t - 20) = 0.87 \text{ gr/cm}^3$$

- **Viscosidad cinemática:**

$$\mu_0 = \frac{v * \rho}{980} \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\mu_{50} = \frac{v_{50} * \rho_{50}}{980} = 0.071 \left(\frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right)$$

- **Velocidades circunferenciales:**

$$\Sigma V = V_1 + V_2$$

Donde:

$$n_2 = 250 \text{ rpm} = 26.12 \text{ rad/s}$$

$$r = 0.025 \text{ m}$$

$$V_1 = \omega * r = 0.65 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 0$$

$$V_E = V_1 = 0.65 \text{ m/s}$$

$$\psi = \frac{r_2 - r_1}{r_2} = 0.038$$

$$q_z = \frac{Fn}{b} = 34448 \text{ N/m}$$

$$L = 0.075 \text{ m}$$

Tabla 3.28 Datos para obtener el espesor hidrodinámico.

u_{40}	ρ_{50}	μ_{50}	V_1	q_z	L	d
15	0.87	0.071	0.65	34448	0.075	0.05

$$h_{\min} = 0.52 \frac{\mu_0 V \varepsilon}{q_z} \frac{d}{\psi \left(\frac{d}{l} + 1 \right)} = 0.55 \mu\text{m}$$

H) Coeficiente de fricción

$$f = \frac{2\pi\mu V l}{\psi F_N} + 0.55 \psi \left(\frac{d}{l} \right)^m$$

$$\frac{d}{l} < 1 \quad m = 1$$

$$m=1$$

$$Pp = \frac{Fn}{d * l} = 662.46 \text{ kPa}$$

$$S_0 = \frac{Pp\psi^2}{\mu\omega} > 1 \quad S_0 = \text{sommerfeld}$$

$$S_0 = 518 > 1$$

$$f \approx 3 \sqrt{\frac{\mu\omega}{Pp}} = 0.77$$

Tabla 3.29 Datos para obtener la fuerza de fricción hidrodinámica.

μ	V	l	ψ	F_N	d	M	Pp
0.071	0.65	0.075	0.03	2583.6	0.05	1.5	662.46 kPa

$$f = \frac{2\pi\mu V l}{\psi F_N} + 0.55\psi\left(\frac{d}{l}\right)^m = 0.01$$

I) Pérdida de potencia friccional

$$NF = FN \cdot V = f \cdot FN \cdot V / 1000 = 0.01 \cdot 2583,6 \cdot 0.65 / 1000 = 0.016 \text{ kW}$$

J) Eficiencia friccional

$$EF = NF \cdot \text{horas} = 0.016 \cdot 24 = 0.4 \text{ kW-día}$$

Finalmente verifico el régimen de lubricación hidrodinámico

$$\gamma = \frac{h_{min}}{(R_{a1}^2 + R_{a2}^2)^{0.5}} = 0.77$$

$$h_{min} = 0.55 \mu m$$

$$Ra1 = Ra2 = 0.5$$

3.4.5 Resultados del análisis

- 1. Denominación:** Par Tribológico (eje – cojinete de deslizamiento)
- 2. Función:** Soportar la carga producida por el rotor del generador. Transmitir movimiento y potencia en el eje principal: $n=1750\text{rpm}$ y Potencia= 3HP
- 3. Esquema:** Superficies cilíndricas interiores. 1 y 2 cuerpos en rozamiento, 3 lubricante, 4 medio.

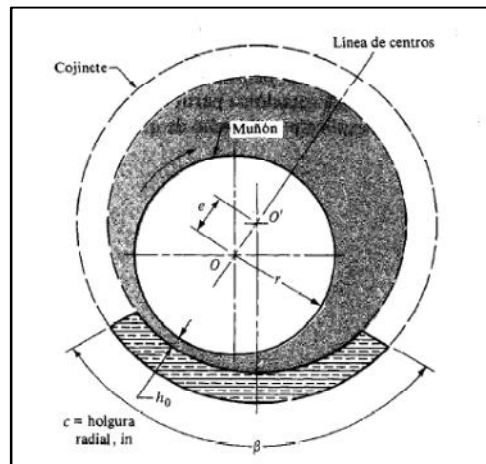


Figura 3.20 Esquema de superficies en contacto.

4. Descripción estructural

- **Forma:** cilíndrica

Cuerpo 1: Eje $d_1=0.05$ m Cuerpo 2: cojinete $d_2=0.052$ m

$L_1=0.075$ m $L_2=0.075$ m

- **Macro geometría:**

$F_n=2583.6$ N

$P_p= 662.46$ kPa

- **Micro geometría:**

Cuerpo 1: HB=1911 MPa Cuerpo 2: HB=637 MPa

$R_a=0.5\mu m$ $R_a=0.5\mu m$

- **Materiales y propiedades:**

Cuerpo 1: Acero Cuerpo 2: Bronce

$E=207 \text{ GPa}$

$E=116 \text{ GPa}$

$\mu=0.16$

$\mu=0.15$

Lubricante: ISOVG 1532- Aceites para husillos

Viscosidad cinemática a $40^\circ\text{C} = 15 \text{ mm}^2/\text{s}$

Viscosidad dinámica a $50^\circ\text{C} = 0.071 \text{ Ns/m}^2$

- **Medio** Contaminación severa

5. Propiedades del par

- Tipo de contacto: Lineal
- Tipo de fricción: Deslizamiento
- Estado de fricción: Lubricado
- Grado de recubrimiento: 0
- Huelgo: 0.001

6. Condiciones de trabajo

- Tipo de movimiento: Rotación
- Carácter del movimiento: Estacionario
- Velocidad relativa Rotación $n_1=1750\text{rpm}$
- Magnitud de la carga normal $F_n=2583.6 \text{ N}$
- Presión $P_p= 662.46 \text{ kPa}$

- Carácter de la carga: Constante
- Temperatura de trabajo $T_t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$

7. Comportamiento friccional.

- Velocidad circunferencial: 0.65 m/s
- Espesor mínimo de la película: 0.55
- Fuerza friccional: $25,83\text{ N}$
- Momento friccional: $6,71\text{ N-m}$
- Pérdida de potencia de fricción: 0.016 kW
- Eficiencia friccional: 0.4 kW-Día
- Coeficiente de fricción seco: 0.38
- Coeficiente de fricción lubricado: 0.01
- Régimen de lubricación: Mixta
- Tipo de desgaste: Adhesivo - Abrasivo

De los cálculos anteriores se derivan dos opciones:

1. Se debe implementar un sistema de lubricación en el par analizado.
2. Se debe cambiar el actual par tribológico por cojinetes, enseguida se realizan los cálculos para esta probabilidad de solución.

3.4.6 Análisis de fuerzas en la bancada y selección de cojinetes.

La disposición de las fuerzas en el eje del telar plano se muestran en el diagrama cinemático siguiente:

➤ Diagrama cinemático

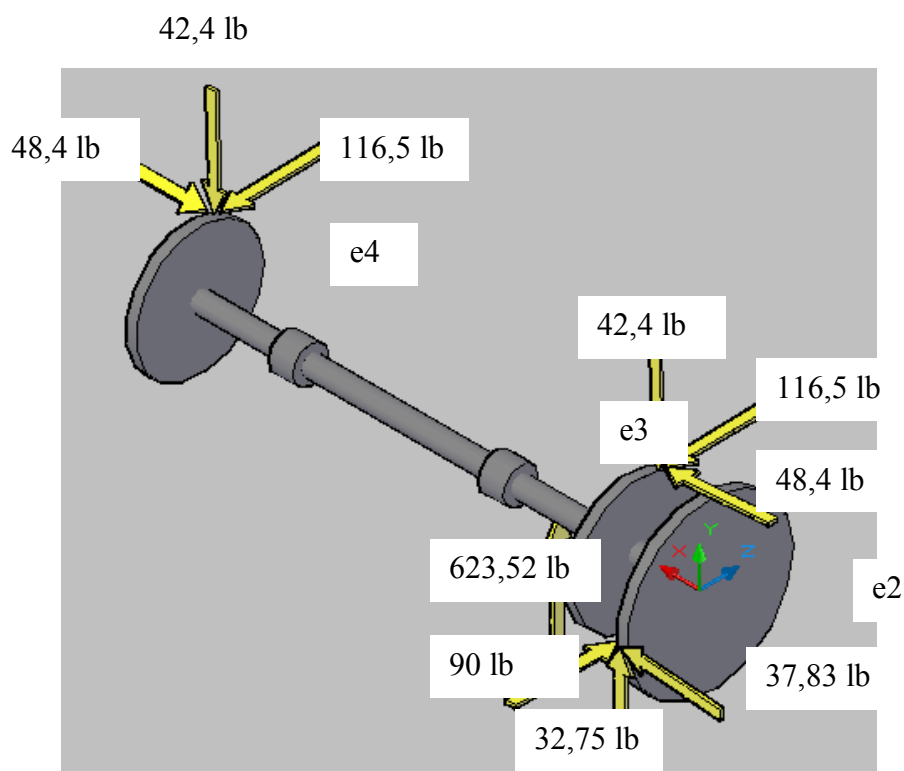


Figura 3.21 Fuerzas en el eje del telar plano.

Datos:

$P=3\text{HP}$ (Potencia del motor)

Diámetros de engranajes

$\phi e1 = 2.4\text{in}$ (Acoplado al motor)

$\phi e2 = 17.32\text{in}$

$\phi e3 = 13.38\text{in}$

$\phi e4 = 13.38\text{in}$

$n=1750\text{rpm}$ (Número de revoluciones)

3.4.6.1 Cálculo de fuerzas en la bancada

- **Cálculo del torque de entrada**

El torque (T_1) se obtiene a partir de la potencia del motor y del número de revoluciones del mismo.

$$P=T_1*n \quad (56)$$

$$T_1= P/n=108.08\text{lb-in}$$

- **Cálculo de las fuerzas en el engranaje helicoidal #2**

$$T_1=F_t*r_1 \text{ (} r_1: \text{Radio del engranaje)} \quad (57)$$

$$F_{t1}=T/r_1=90 \text{ lb (Fuerza tangencial)}$$

$$F_{t1} = F_{t2}$$

$$F_{r2}= F_t*\tan\phi \text{ (} \phi = 20 \text{ Para engranajes heiciodales)- Fuerza radial} \quad (58)$$

$$F_{r2}=32,75 \text{ lb}$$

$$F_{a2}=F_t*\tan\gamma \text{ (} \gamma = 22.8 \text{ Para engranajes helicoidales)- Fuerza axial} \quad (59)$$

$$F_{a2}=37,83 \text{ lb}$$

Los valores de los ángulos ϕ y γ son normalizados para su fabricación.

- **Cálculo del torque del eje principal**

En el eje #2 donde se acoplan los rodamientos se calcula el torque a partir de la fuerza tangencial ya calculada.

$$T_2=F_{t2}*r_2$$

$$T_2=779.4\text{lb-in}$$

- **Cálculo de la fuerzas en el engranaje #3 y #4**

$$T_2 = T_3 = T_4$$

$$T_3 = F_{t3} \cdot r_3 \quad F_{t3} = T_3 / r_3$$

$$F_t = 116.5 \text{ lb}$$

$$F_{r3} = 42.40 \text{ lb}$$

$$F_{a3} = 48.97 \text{ lb}$$

El engranaje #2 y #3 tienen iguales dimensiones razón por la que las fuerzas son las mismas.

- **Cálculo de la fuerza en la cadena**

$$F_t = 3F_f \quad (F_t = \text{Fuerza Tensa}; F_f = \text{Fuerza floja}) \quad (60)$$

$$T_c = (F_t - F_f) \cdot r_c \quad (r_c = \text{radio de la cadena}) \quad (61)$$

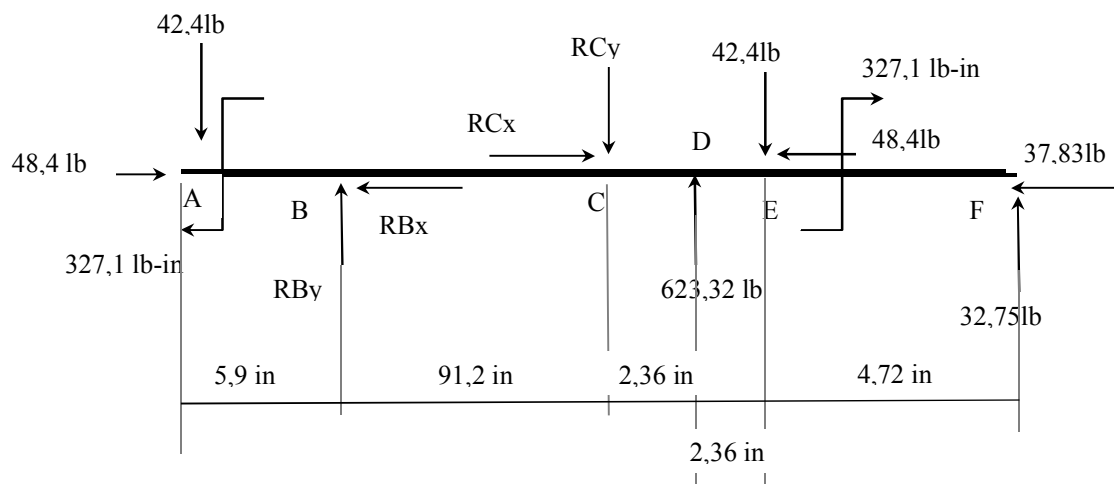
$$T_c = 2F_f \cdot r_c$$

$$F_f = 155.88 \text{ lb}$$

$$T_c = 623.52 \text{ lb-in (Tensión en la cadena)}$$

3.2.6.2 Cálculo de reacciones en los apoyos

A) Fuerzas en el Plano XY



- **Cálculo de fuerzas y reacciones en el plano XY**

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{By} - R_{Cy} + 571.47 = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

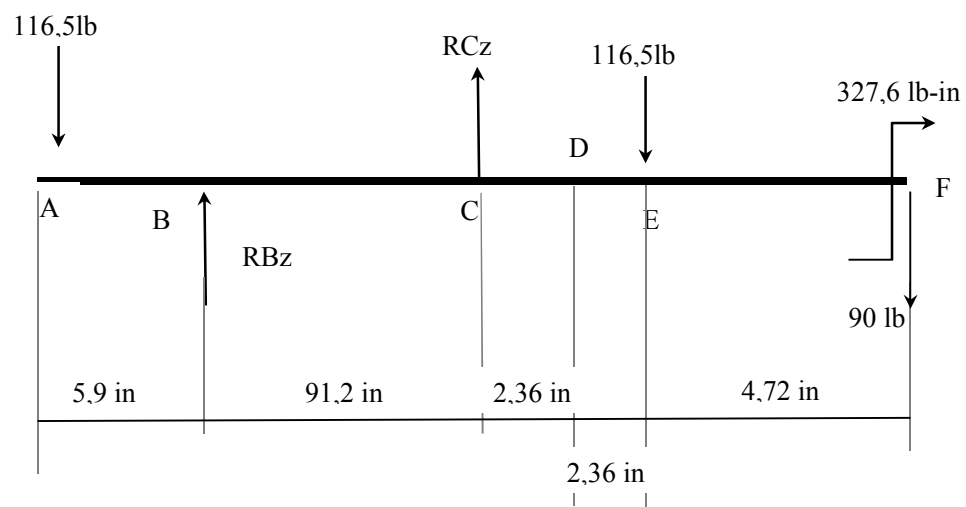
$$R_{Bx} = 48.4 \text{ lb}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{Cy} = 1.18 \text{ lb}$$

$$R_{By} = 1.18 \text{ lb}$$

B) Fuerzas en el plano XZ



- **Cálculo de fuerzas y reacciones en el plano XZ**

$$\sum F_z = 0$$

$$R_{Bz} + R_{Cz} = 323 \text{ lb}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{Cz} = 105.6 \text{ lb}$$

$$R_{Bz} = 580 \text{ lb} = 2.58 \text{ kN}$$

$$RC_z = 217.32 \text{ lb} = 0.96 \text{ kN}$$

3.4.7 Selección de rodamientos

Para seleccionar los rodamientos se tienen los siguientes datos:

Cojinete B

$$D = 60 \text{ mm}$$

$$R_B = 580 \text{ lb} = 2.58 \text{ kN}$$

$$n = 250 \text{ rpm}$$

$f_n = 0.51$	Factor de velocidad	Catálogo FAG
--------------	---------------------	--------------

$L_h = 60000$	Duración
---------------	----------

$f_l = 4.93$	Factor de esfuerzo dinámico
--------------	-----------------------------

f_s :	Factor de esfuerzos estáticos
---------	-------------------------------

$F_a = 0.21 \text{ kN}$	Carga axial
-------------------------	-------------

$F_r = 2.58 \text{ kN}$	Carga radial
-------------------------	--------------

Capacidad de carga requerida:

$$C = f_l / f_n * P = 24.92 \text{ kN} \quad (62)$$

- **Selección del rodamiento**

Se selecciona un rodamiento de la serie 32012

$$Y_o = 0.8$$

$$C_o = 67 \text{ kN}$$

$$Y = 1.4$$

$$e = 0.43$$

$$C=69.5$$

Carga dinámica equivalente

$$\frac{F_a}{F_r}$$

$$< e \quad (63)$$

$$0.08 < 0.43$$

$$P=F_r=2.583\text{KN}$$

Carga estática

$$\frac{F_a}{F_r}$$

$$\leq \frac{1}{2Y_0} \quad (64)$$

$$0.08 \leq 0.625$$

$$P_o=F_r=2.583\text{KN}$$

$$C_o=f_s \cdot P_o$$

$$C_o=4.64\text{KN}$$

$$C_o \text{ tab} > 4.64$$

Se selecciona el mismo cojinete para C ya que la carga es menor y por seguridad selecciona los dos cojinetes de la misma serie.

- **Características del rodamiento seleccionado**

Rodamiento FAG de bolas de contacto angular SERIE 32012 con una carga dinámica de $C=69.5\text{KN}$, carga estática de 67KN , peso de 0.624Kg , velocidad= 4800 rpm , con una duración de 60000h .

CAPÍTULO IV

4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS MÁQUINAS: TELAR PLANO Y URDIDORA

4.1 Plan de mantenimiento preventivo de las máquinas

En la actualidad la empresa “Textiles Técnicos” no cuenta con un plan de mantenimiento de los equipos y/o máquinas, la poca información con la que se cuenta data de un par de años atrás, pero la misma no está debidamente organizada.

La necesidad de tener una normativa en la forma de llevar los datos de: daños, correcciones, repuestos, lubricación, revisión etc., de los equipos es imperativa razón por la que se pretende iniciar con este proceso de recopilación ordenada y organizada de la información para en un futuro implementar un programa de mantenimiento preventivo.

4.1.1 Consideraciones hechas para el desarrollo del plan de mantenimiento.

Para iniciar con el desarrollo de un sistema de mantenimiento se ha de tener en cuenta todos los factores influyentes; estos son:

- La empresa es relativamente pequeña, con perspectivas de crecimiento continuo y es evidente la necesidad mejorar los procesos productivos.
- Las reparaciones que se realizan son ejecutadas cuando se produce la falla, generando pérdidas en el proceso de producción.
- No existe un departamento de mantenimiento.

- Los datos de mantenimiento de las máquinas son escasos y datan de 1 años atrás en ciertas máquinas.
- Los ejecutivos de la empresa tienen la disposición de mejorar los procesos.
- No se cuenta con repuestos en bodega.
- No existe un cronograma ordenado y sistemático de revisión de los equipos y lubricación.
- Los planos de los equipos están incompletos y en algunos casos no existen.

4.2 Análisis de datos de mantenimiento.

Los datos de los equipos son escasos como muestra en la Tabla 4.1:

Tabla 4.1 Datos de mantenimiento.

FECHA EJECUCIÓN	DAÑO DETECTADO	TRABAJO REALIZADO	PROXIMO RECAMBIO	
			PIEZA	FECHA
21/02/2008		Nivelada		
		Puesta en obra		
		Calibración de la Staulbi		
		Calibración de las cintas de carbono		
		Calibración de la pinza izquierda		
		Calibración de la trama		
14/03/2008		Calibración de los tiempos (Volante)	Cambiar de polea poner la de 120 mm	
		Reducción del resorte de la pinza izquierda		
		Calibración del regulador de urdimbre		
		Instalación de los hilos de vuelta		
		Cambio de aceite (Regulador de urdimbre, Caja del peine)		
11/04/2008		Cambio de polea pongo de 120 mm (250tpm)		
14/04/2008	Rutura de los dientes de los piñones de	Desamarr, Rectificar el eje-piñón , rectificar el piñón grande, calibrar, lavar, lubricar		
	Reinicia el 17-Abril-2008			
21/04/2008	Rotura de los pernos de la cruceta de m	Cambio de pernos		
		Calibración del tiempo de la cinta		
18/06/2008	Rotura del tomillo de la pinza	Cambio de tomillo y pinza	Cable y cañería (Izquierda)	18 de Julio de 2008
		Calibracion	Cable y cañería(derecha)	18 de Julio de 2008
03/09/2008	Rotura de la banda de la Staubli			
	(Se hizo la averiguación por Internet)			
27/11/2008		Se desmontó todos los marcos de la tela de bolsillo y se colocó otro marcos para tela talonera para		
		Se cambió y lubrico las de bases los marcos		
26/01/2009	Rotura de la cinta derecha	Cambio de cinta		
		Cambio de tomillo y pinza	Cable y cañería (Izquierda)	11 de Marzo de 2009
		Calibración	Cable y cañería(derecha)	11 de Marzo de 2009
16/02/2009	No bombea el aceite a todos los puntos	Revisión , calibración		
26/02/2009	Rotura de la base del motor principal	Desmante de la base y soldadura		
	Se terminó el 2-Marzo-2009			
25/02/2009	No bombea el aceite a todos los puntos	Se suspende la bomba y se instala cañerías para que se lubrique		
	Se terminó el 10-Marzo-2009	por gravedad.		
13/03/2009	Se trabó le rayo por llenarse de tela	Desame de los cilindros(cortando la tela que se envolvió en el rayo), soldadura de 2 bases, pegada de cintas en el rayo		
	Rotura de las bases de los cilindros que	para halar la tela, calibración		

La empresa a mediados del año 2009 empezó con un proceso de cambio de base de operación, razón por la que desde esta fecha se dejó de lado el escaso control que hasta ese entonces se tenía del mantenimiento de los equipos.

Para todos los equipos de la planta, y para los dos en cuestión se debe empezar implementando las operaciones y el control de mantenimiento necesarios, con el fin de

tener una recopilación y registro de datos ordenado, organizado que permitan iniciar el camino para el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo.

4.2.1 Operaciones y control del mantenimiento [10]

A) Operaciones del mantenimiento

Un sistema eficaz de operación y control del mantenimiento es la columna vertebral de una sólida administración del mantenimiento. El control del mantenimiento significa coordinar la demanda del mantenimiento y los recursos disponibles para alcanzar el nivel deseado de eficacia y eficiencia.

Un sistema eficaz de operación y control debe incorporar todas las siguientes características:

- Demanda del mantenimiento (que trabajo tiene que hacerse y cuando).
- Recursos de mantenimiento (Quién hará el trabajo y que materiales y herramientas se necesitan).
- Procedimientos y medios para coordinar, programar, despachar y ejecutar el trabajo.
- Normas de rendimiento y calidad (Cuánto tiempo se requerirá para hacer el trabajo y las especificaciones aceptables).
- Retroalimentación, monitoreo y control (El sistema debe generar información y reportes para el control del costo de calidad y la condición de la planta, también es esencial un mecanismo para la recopilación de datos y un seguimiento regular para la retroalimentación y el control).

El sistema de órdenes de trabajo es el vehículo para planear y controlar el trabajo de mantenimiento. También proporciona la información necesaria para vigilar e informar sobre el trabajo de mantenimiento.

B) Control del mantenimiento

El mantenimiento puede verse como un proceso como lo muestra la Figura 4.1.

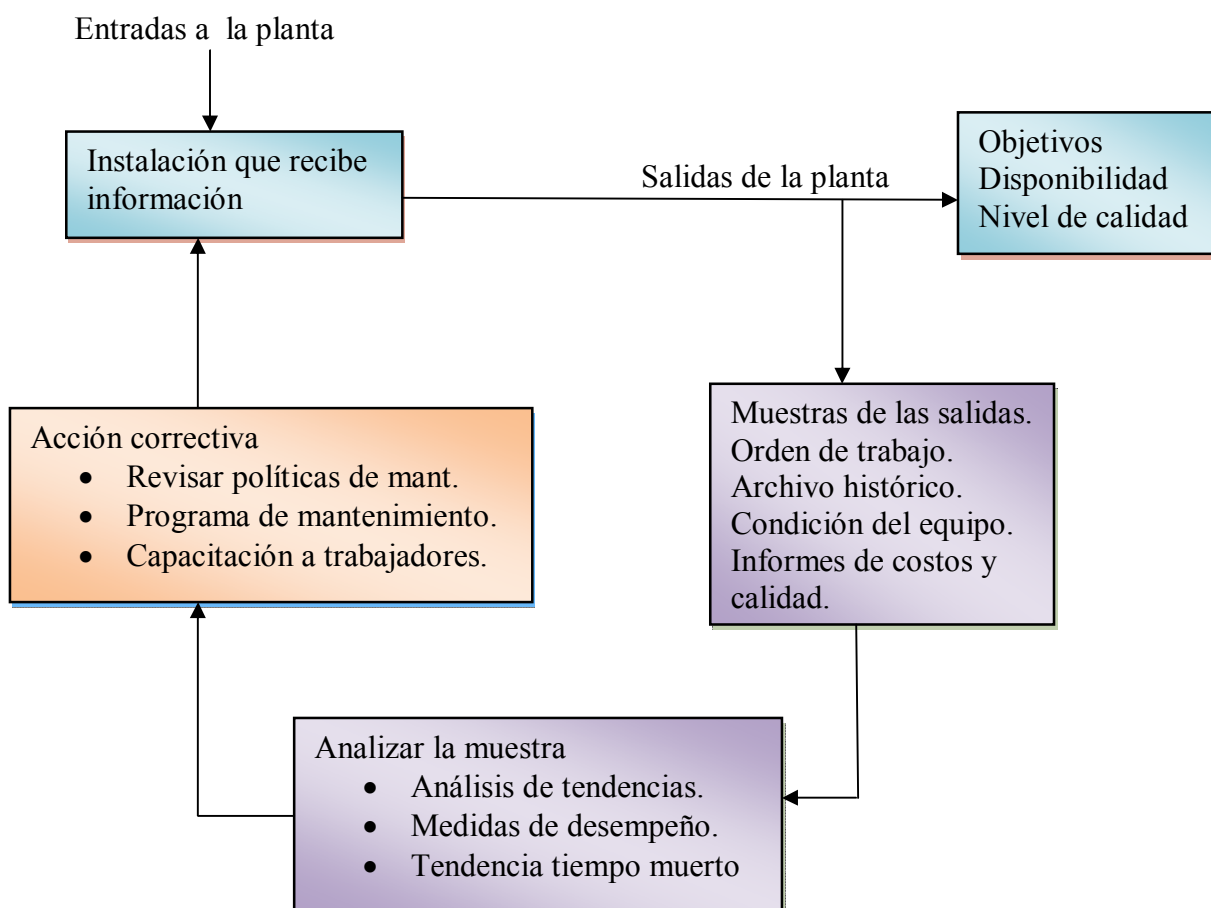


Figura 4.1 Proceso de control de mantenimiento.

Para la empresa textiles técnicos el ciclo de control se ajusta a las siguientes definiciones:

- El objetivo es la calidad de los productos y el mejoramiento continuo de los procesos.
- El muestreo de la salida se refiere a la implementación de medios que permitan recopilar datos históricos de los equipos referentes al mantenimiento.

- El análisis de la muestra consiste en el empleo de técnicas para determinar si se ha alcanzado el objetivo. En cuanto al mantenimiento de los equipos se analizará cuán eficiente son éstos para el proceso productivo.
- La acción correctiva consiste en revisar las políticas de mantenimiento, modificar la programación del mantenimiento, buscar nuevas estrategias de mantenimiento, etc.

4.3 Descripción y uso de formatos

Para poder ejecutar los conceptos anteriormente descritos es necesario establecer procedimientos y formas de administrar el trabajo de mantenimiento, normas para la recopilación y análisis de los datos; y medios para una información eficaz del trabajo, la condición del equipo y la calidad del producto.

Con este propósito se describe los formatos que la empresa “Textiles Técnicos” implementa para iniciar el proceso continuo de mejoramiento del mantenimiento.

4.3.1 Datos técnicos

En este formato se detallan todos los datos de importancia de la máquina, los mismos que permiten conocer con exactitud las cualidades y características del equipo. Se detallan datos como modelo, procedencia, número de serie, potencia del motor, peso aproximado, dimensiones, etc.

Para iniciar con el proceso de mejoramiento del mantenimiento se deberán agrupar los equipos de acuerdo a su función e importancia dentro del proceso productivo.

Para cada proceso y cada equipo se realiza un formato de similares características.

El formato se muestra en el Anexo A1.

4.3.2 Instructivo de funcionamiento de la máquina o equipo.

Este formato tiene como finalidad mejorar la gestión de mantenimiento, por parte de los obreros y/u operadores del equipo, en lo que tiene relación al uso, funcionamiento y apagado del equipo en cuestión.

En este formato se describe adicionalmente los cuidados que se debe tener antes de encender y apagar la máquina

El presente formato esta en el Anexo A2 y A3.

4.3.3 Historial de averías

En este formato se debe detallar todo tipo de trabajo realizado en cada equipo.

Se especifica la fecha, el tipo de mantenimiento, ya sea correctivo o preventivo; la descripción del trabajo, la causa de la revisión, el responsable y el costo de mantenimiento.

El formato detallado se muestra en el Anexo A4.

4.3.4 Plan de mantenimiento

Este formato sirve para determinar la frecuencia del mantenimiento preventivo en cada máquina, aquí se detalla la tarea que se debe realizar y el período en el que se deben

revisar los diversos mecanismos y partes; sea semanal, mensual, trimestral semestral, anual, etc.

En este formato también van datos como el nombre del equipo, el código y un dato importante como son las fechas de realización del mantenimiento y la fecha de la próxima revisión y/o cambio.

Ver el formato en el Anexo A5 y A6.

4.3.5 Ordenes de trabajo y reportes

4.3.5.1 Ordenes de trabajo

Este documento es el resultado de la planificación, es la orden de ejecución del trabajo.

En este documento se detallan el nombre y el código de equipo, la fecha en la que se debe realizar la actividad de mantenimiento; el responsable y el detalle del trabajo así como el tiempo estimado de ejecución de dicha actividad. El jefe de mantenimiento al contar con varias órdenes de trabajo al inicio de la semana de labores debe coordinar conjuntamente con el equipo de mantenimiento el día y la hora de realización de la actividad.

Se muestra el formato anteriormente descrito en el Anexo A7.

4.3.5.2 Reportes

En este formato está el corazón de la ejecución, luego de la planificación del programa de mantenimiento. A través del presente formato se realiza el control de las diversas

actividades planificadas, lo que permite saber el estado de otros componentes que no se revisen durante el desarrollo de la actual rutina.

Los empleados deben justificar el tiempo que permanecen en las instalaciones de la planta para lo que deben llenar un reporte diario, en los que se registren el tiempo empleado en cada actividad (H/H), el tipo de mantenimiento ya sea preventivo o correctivo, mejoras que se hagan, etc. El formato está en el Anexo A8.

CAPÍTULO V

5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y COSTOS

5.1 Pruebas en la urdidora

Para verificar la eficacia del freno instalado y su efectividad en el tensado del hilo se realiza el ensayo que enseguida se detalla:

A) Tensado del hilo:

Se realiza una medición del espesor de la bobina del hilo por tramos (15 en total) a medida que el proceso avanza, con el fin de determinar si el carrete es uniforme en toda su extensión.

El proceso se realizó con el freno original en un día aleatorio de trabajo del equipo por una ocasión y con el freno diseñado por tres ocasiones hasta encontrar un tensado óptimo, que no genere roturas de hilo ni disfunciones en el templado del mismo.

La Tabla 5.1 muestra los resultados que se obtuvieron en el ensayo.

Tabla 5.1 Datos de ensayo de tensado del hilo.

FRENO	N Ensayo	N Vueltas Volante	Contador # Vueltas	Espesor del hilo en el carrete (cm)														
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Freno Original	1	3	500	27	27.1	27.1	27.2	27	27	27.1	27.2	27.2	27	27.1	27.1	27	27	27
Freno Actual	1	1.75	500	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
	2	2	500	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	3	2.5	500	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	4	3	500	24	ROTURA													

La Figura 5.1 muestra el resultado visual del tensado con el freno original y el freno instalado.

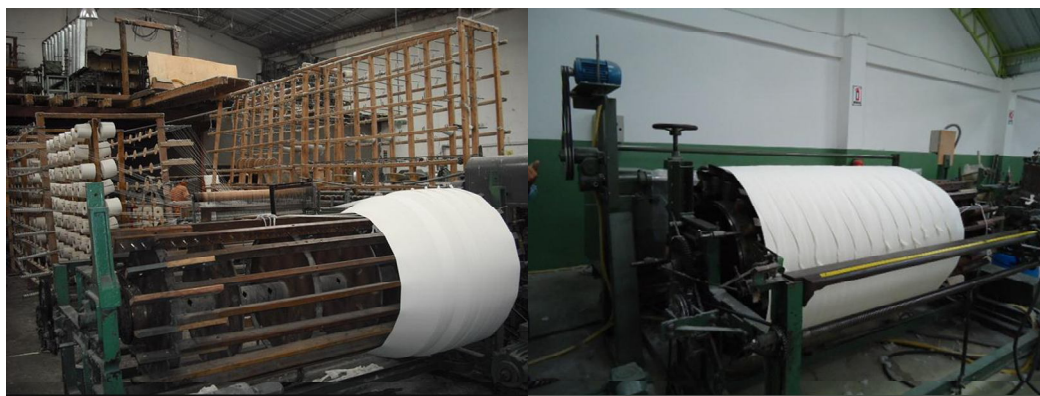


Figura 5.1 Bobinado con freno original y freno instalado.

La figura 5.2 muestra curvas de comportamiento del bobinado, se relaciona con la tabla 5.1.

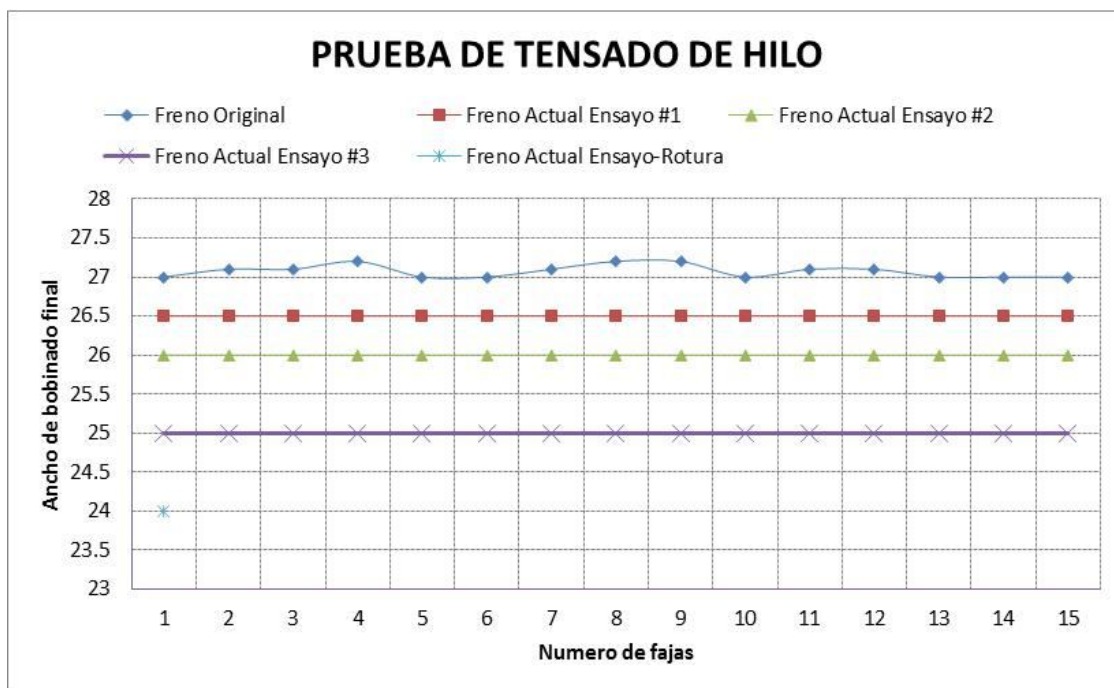


Figura 5.2 Comportamiento del bobinado de hilo.

La falta de tensión en el hilo genera los siguientes problemas en el proceso productivo:

- Calibración constante del freno y bobinado defectuoso.
- Paras continuas en el telar por enredo del hilo en la urdimbre.
- El producto final (Tela) de mala calidad proclive a la rotura, por consiguiente baja calidad del producto terminado.

5.2 Ensayo de fricción y desgaste de los pares tribológicos del telar plano

El ensayo de fricción y desgaste se lo realiza con probetas con la metodología siguiente:

5.2.1 Procedimiento

- Se fabrican probetas adecuadas para el montaje en un torno.

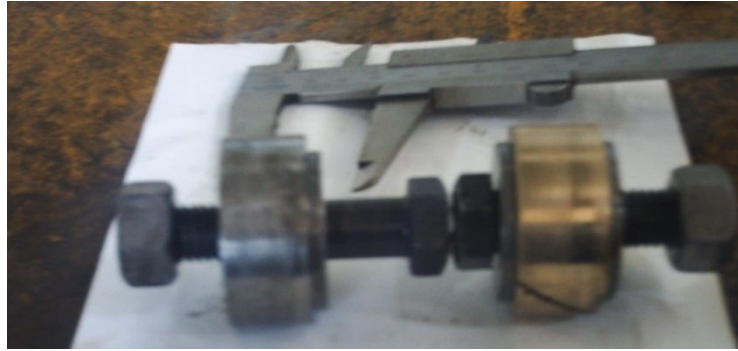


Figura 5.3 Probetas de bronce y acero.

- Se pesan las probetas del material blando (bronce).

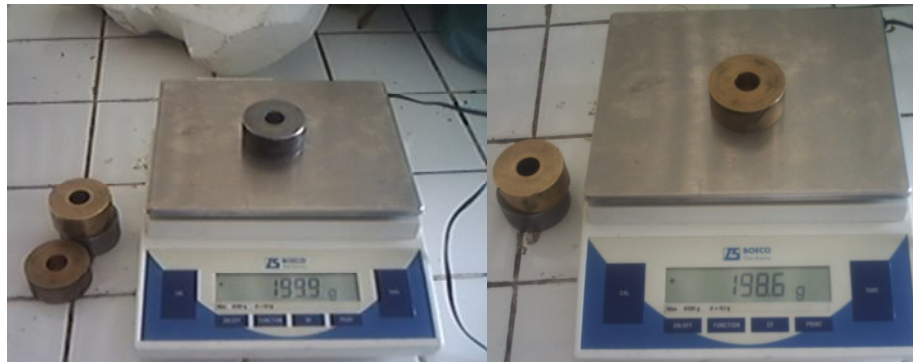


Figura 5.4 Pesos de probetas.

- Se montan las probetas en el torno y cada 10 minutos se miden las dimensiones y el peso de dicha probeta.



Figura 5.5 Ensayo de fricción.

- El proceso anterior se lo realiza sin lubricación (en seco) y con lubricación.
- Con los datos tabulados se realizan las curvas de desgaste tomando en consideración las dimensiones y los pesos.

5.2.3 Resultados del ensayo.

Para el ensayo se tienen los siguientes datos:

Tabla 5.2 Datos de ensayo de fricción y desgaste.

DATOS		
Probetas	Acero	Bronce
Peso (kg)	0.1986	0.1999
Diámetro (mm)	44	44
Velocidad (Rev./min)	250	250

Se realiza el procedimiento anteriormente descrito para nueve mediciones tanto del diámetro como del peso, enseguida se tabulan los datos medidos.

Tabla 5.3 Registro de mediciones de diámetros y pesos.

Régimen	Sin lubricación		Con lubricación	
Tiempo	Δ Diámetro (mm)	Peso (Kg)	Δ Diámetro (mm)	Peso (Kg)
10	0.25	0.1986	0.1	0.1999
20	0.26	0.1986	0.1	0.1999
30	0.26	0.1979	0.1	0.1999
40	0.27	0.1979	0.12	0.1998
50	0.28	0.1965	0.12	0.1998
60	0.29	0.1961	0.13	0.1997

70	0.29	0.1958	0.13	0.1996
80	0.3	0.1955	0.14	0.1996
90	0.3	0.1949	0.14	0.1995

El diagrama muestra el desgaste que se produce en las probetas sin lubricación (en seco).

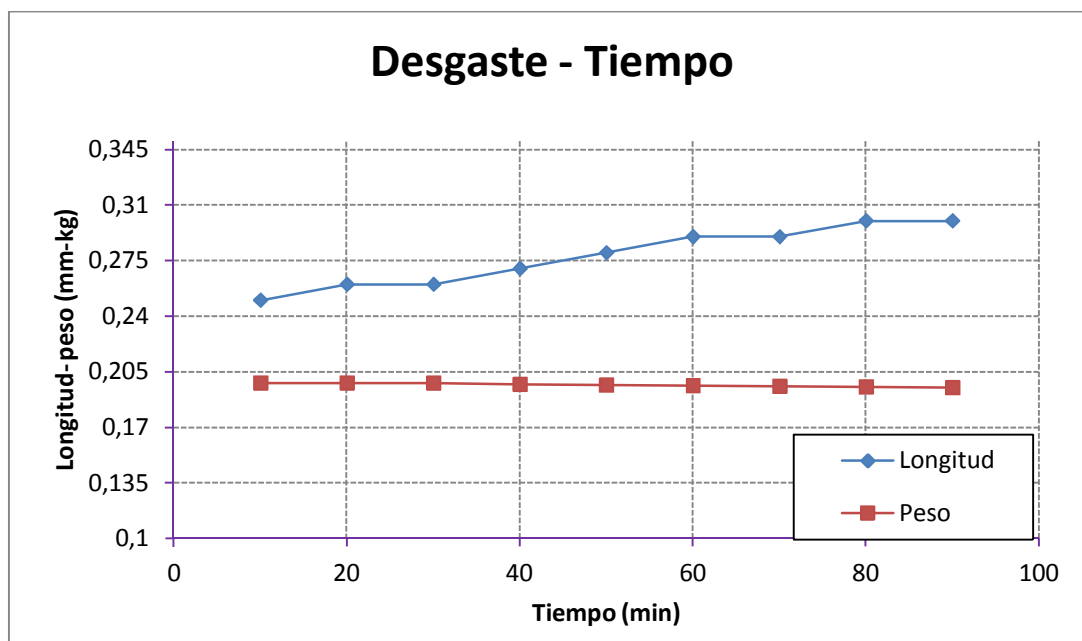


Figura 5.6 Curva desgaste- tiempo sin lubricación.

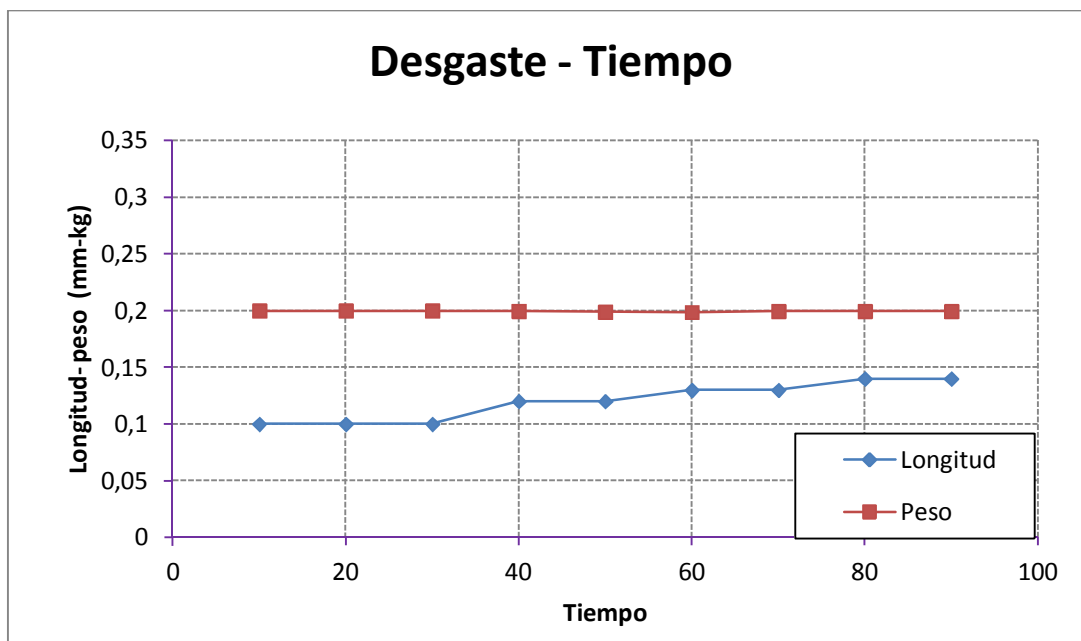


Figura 5.7 Curva desgaste- tiempo con lubricación.

El diagrama muestra el desgaste que se produce en las probetas con lubricación (Mixta).

De las figuras anteriores se deduce que:

- El par tribológico sin lubricación sufre un desgaste mayor al par lubricado, lo que se refleja en la disminución del diámetro de la probeta y en la pérdida de peso del mismo.

5.3 Costos

5.3.1 Costos Directos

El estudio de los costos directos se relaciona con los materiales, equipos, herramientas, mano de obra, transporte, varios.

5.3.1.1 Costos por materiales

Los costos de los materiales utilizados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5.4 Costos por materiales del freno.

COSTOS DEL SISTEMA DE FRENO				
Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total (USD)
AISI 1020	Volante de mando	1	25	25
1/4 x 2 in	Perno sujetador	4	0.25	1
Acero	Bancada	2 m ²	50	50
AISI 1020	Eje	1 m	40	40
AISI 1020	Tuerca	1	5	5
AISI 1020	Collarín	1	6	6
AISI 1020	Guías	2	10	20
AISI 1020	Rodamientos	4	3	12
130 x 50 mm	Platina	1	4	4
Cuero-Suela	Cinta	1	20	20
9/16 x 2½	Pernos	12	0.75	9
Acrílica	Pintura	1L	10	10
SUBTOTAL				202,00 USD

Tabla 5.5 Costos por materiales del análisis tribológico.

COSTOS DEL ANÁLISIS TRIBOLÓGICO				
Referencia	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total (USD)
AISI 1020	Probetas	2	15	30
BRONCE	Probetas	2	15	30
9/16 x 2½	Pernos y Tuercas	4	1,25	5
SAE-40	Aceite	1 Litro	2	2
SUBTOTAL				67,00 USD

5.3.1.2 Costos por mano de obra

Los costos por mano de obra y uso de maquinaria se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5.6 Costos por mano de obra del freno.

COSTOS POR MANO DE OBRA DEL FRENO		
Fabricación del sistema de freno	Cantidad	Total (USD)
Volante	1	50
Bancada	1	75
Tornillo de potencia	1	80
Placa guía	1	25
Platina se sujeción	1	15
Cinta	1	20
Accesorios	20	60
Otros	-	100
SUBTOTAL		425,00 USD

Tabla 5.7 Costos por mano de obra del análisis tribológico.

COSTOS POR MANO DE OBRA DEL ANÁLISIS TRIBOLÓGICO		
Fabricación / Uso de equipos	Cantidad	Total (USD)
Probetas	4	80
Uso de equipos	5	30
Otros	-	40
SUBTOTAL		150,00 USD

El total de costos directos es de:

Tabla 5.8 Costos totales directos.

Costos por materiales (Freno + Análisis tribológico)	269,00
Costos por mano de obra	575,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS	844,00 USD

5.3.2 Costos indirectos

5.3.2.1 Costos por ingeniería y utilidad

Se considera el 20% de los costos directos:

Tabla 5.9. Costos por ingeniería y utilidad.

COSTO TOTAL DEL SISTEMA	COSTOS POR INGENIERÍA Y UTILIDAD
844,00	168,80 USD

El total de costos indirectos es de:

Tabla 5.10 Costo total indirecto.

Costos ingeniería y utilidad	168,80
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	168,80 USD

5.3.3 Costos totales

Tabla 5.11 Costos totales.

Costos directos	844,00
Costos indirectos	168,80
TOTAL COSTOS INDIRECTOS	1012,80 USD

El costo total del sistema de freno implementado y el análisis tribológico es de \$ 1012,80 (Mil doce dólares americanos con ochenta centavos).

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

6.1.1 CONCLUSIONES DEL MECANISMO DE FRENADO DE LA URDIDORA.

- El sistema de freno es un mecanismo de construcción simple, sencilla y de bajo costo, y proporciona un tensado óptimo del hilo, con el giro de dos vueltas y media del volante de mando del tornillo de potencia.
- La correcta calibración del freno minimiza los tiempos muertos producidos por la continua verificación del tensado debido a aflojamiento, recalentamiento y/o roturas de la cinta u otro elemento constitutivo del sistema de freno.
- El sistema de freno instalado en la Urdidora sustituye a dos mecanismos similares instalados a ambos extremos del mismo y que no proporcionaban el tensado óptimo deseado.
- El mantenimiento preventivo es una actividad diaria que engloba el conocimiento de todos los equipos y su funcionabilidad en el proceso de producción, la urdidora y el telar plano sujetos a nuestro estudio demuestran que poco se hacía en este aspecto y que el mantenimiento que se realizaba era correctivo en un 90 %.

6.1.2 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS TRIBOTÉCNICO DEL TELAR

PLANO

- En el presente trabajo se ha establecido una metodología de cálculo para la determinación de las pérdidas energéticas, identificando previamente el par tribológico del sistema: en el eje principal (apoyos de la bancada del telar plano).
- Se determinó el régimen de lubricación del par tribológico, encontrándose lubricación hidrodinámica, las pérdidas energéticas en el sistema tribotécnico: Telar plano alcanzan los 0.016Kw/hora x día.
- Los cojinetes de deslizamiento (bujes) del telar plano debido a las carga y velocidad media tienen un régimen de lubricación hidrodinámica, caracterizada por la formación de la cuña hidrodinámica la cual depende de la viscosidad del lubricante y de las condiciones de trabajo (presión, velocidad, temperatura).
- Con la lubricación adecuada en los cojinetes de deslizamiento (bujes de bronce) se logra tener propiedades mecánicas adecuadas, tales como: Alta ductilidad, bajo coeficiente de fricción, y aceptable resistencia al desgaste.
- Las condiciones de trabajo producen desgaste abrasivo lo que genera un rápido deterioro del par tribológico.
- Al momento del análisis no existe lubricación en el par tribológico razón por la que el coeficiente de fricción es elevado $f = 0.38$ (fricción seca). Con lubricación el

coeficiente de fricción se redujo a $f = 0.01$. Lo que demuestra que existe una reducción de la fricción de 37%.

- El par tribológico debe poseer una película lubricante de $0.55 \mu\text{m}$ (Espesor mínimo) para atenuar el contacto de los pares, además de protegerlo de sustancias contaminantes como polvo, humedad, óxidos, etc.
- El uso de formatos permite registrar y tener un control de los equipos analizados y su mantenimiento, actualmente se tiene un control de averías de los equipos, los costos de mantención se encuentran en un proceso de implantación dentro de la empresa.
- La implementación de un plan de mantenimiento para los dos equipos ha generado la necesidad de nuevas políticas empresariales que se orienten al mejoramiento continuo de los equipos y los procedimientos así como también la capacitación del personal; la empresa Textiles Técnicos se encuentra en este proceso.
- El presente trabajo permitió dar una solución a un problema puntual (Tensado deficiente del hilo), estudiar el comportamiento de un par tribológico siguiendo un procedimiento de análisis que servirá para cualquier otro par, también permitió generar una cosmovisión de mejoramiento empresarial que engloba todas las áreas del mantenimiento.

6.2 RECOMENDACIONES

- Para evitar que el hilo llegue a la rotura durante el proceso de bobinado el freno no debe superar dos vueltas y medio de recorrido angular.
- Se recomienda lubricar las partes móviles del sistema de freno y verificar que toda la superficie de trabajo esté limpia para evitar que se trabe el mecanismo o a su vez sufran daños sus elementos constitutivos.
- Es necesario mejorar los apoyos del eje del telar plano por lo que se recomienda evaluar la posibilidad de instalar los rodamientos calculados para disminuir el tiempo de recambio y mejorar las condiciones de trabajo de la máquina.
- Se debe realizar un plan de mantenimiento total que englobe a todos los equipos de la empresa Textiles Técnicos, tomando como referencia la primera experiencia fruto del uso y recopilación de datos obtenida con el presente trabajo.
- Los formatos del presente trabajo están sujetos a cambios y/o correcciones cuando se realice un análisis más exhaustivo y se genere un programa de mantenimiento preventivo.
- Se recomienda generar los planos del resto de equipos puesto que ninguna de ellas cuenta con este documento importante para el mantenimiento.
- La frecuencia de recambio de repuestos, de lubricación y engrase, de overol se realiza tomando en cuenta el registro de averías, también a futuro con la implementación de un programa global de mantenimiento se deberá realizar un análisis de mantenibilidad y confiabilidad de equipos, por tal motivo antes que recomendación es una necesidad implementar dicho programa.

